

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Koneautomaatiotekniikka

2016

Otto Saukkoriipi

RUMPUSIIVILÄN SUUNNITTELU



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma | Koneautomaatiotekniikka

Valmistumisvuosi 2016 | Sivumäärä 54

Ohjaaja Sakari Koivunen

Otto Saukkoriipi

RUMPUSIIVILÄN SUUNNITTELU

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää rumpusiivilän toimintaperiaate ja sen pohjalta mekaniikkasuunnittelu Dewaco Oy:lle. Yritys on jo 30 vuotta erikoistunut jätevedenkäsittelyssä käytettäviin järjestelmiin etenkin erilaisten lietteiden tiivistykseen, puristamiseen, keräämiseen ja siirtoon. Rumpusiivilästä haluttiin yksinkertainen ja helppohuoltoinen tuote, jotta se olisi kaupallisesti kannattava. Laitteen toimintaperiaate on erottaa nesteestä kelluvat ja laskeutuvat hiukkaset sekä kuidut. Rumpusiivilä on suunniteltu toimimaan vaihtoehtona välpälle teollisuudessa ja jäteveden puhdistamoilla.

Työssä käsitellään rumpusiivilän toiminnollisuutta ja osien tarkoitusta lopullisessa laitteessa. Työn mallinnustyökaluna käytettiin Solidworks 2014 3D -ohjelmistoa. Laitteen moottorin ja muiden mekaanisten osien kestävyysvarmistamiseksi käytettiin teknistä laskentaa ja Dewacon aiempia laiteratkaisuja.

Työn tarkoitus saavutettiin, kun rumpusiivilän osien toimintaperiaate saatiin selville. Toimintaperiaatteen pohjalta mallinnettiin tarvittavat osa- ja kokoonpanopiirustukset. Ensimmäinen prototyyppi on suunniteltu valmistettavaksi 2016 vuoden aikana. Suunnittelussa aikaa vievät osiot olivat rumpukokoonpano, ylivuodon ongelmat, rungon ja automaattisen puhdistuksen ideointi.

ASIASANAT:

tuotesuunnittelu, jätevedenpuhdistus, rumpusiivilä, tuotekehitys,

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Bachelor of Engineering | Machine Automation

Completion year of the thesis 2016 | Total number of pages 54

Instructor Sakari Koivunen

Otto Saukkoriipi

THE DRUM SCREEN PRODUCT DESIGN

The purpose of this study was to make a mechanical design of drum screen to the Dewaco Ltd, which has for over 30 years' experience in wastewater treatment systems used in different kinds of sludge thickening, dewatering and sludge collectors purposes. The main task of the drum screen is to separate the liquid fibers and particles. Drum screens are designed to act as an alternative to mechanically cleaned bars systems in industries and sewage treatment plants. The work deals with the drum screen functionality and the purpose of components in the final device.

The aim is to find study drum screen operation and design Dewaco drum screen. Drum screens need to be a simple and easy to maintain product in order to be commercially viable.

The key considerations in the design process were the drum, an overflow problems, the design of the body, and automatic cleaning. The planning tool used was SolidWorks 2014 3D software. Technical computing and Dewaco's previous equipment solutions were used to ensure the sustainability of the device engine and other mechanical parts.

The purpose of this study was achieved when the principle of drum screen was discovered, which was modeled on the basis of the required components and assembly. The first prototype has been designed to be made during the year 2016.

KEYWORDS:

Industrial design, wastewater cleaning, drum strainer, product development

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	7
1.1 Työn tavoite ja taustaa	7
1.2 Dewaco Oy	7
2 RUMPUSIIVILÄT JA VERTAILU	8
2.1 Siivilätyypit	9
2.1.1 Pyörivät rumpusiivilät	9
2.1.2 Pyörivät levysiivilät	12
2.1.3 Kaarisiivilät	13
2.1.4 Jatkuvat nauhasiivilät	14
2.2 Pyörivien rumpusiivilöiden eroavaisuudet	15
2.2.1 Mallin muotoilu	15
2.2.2 Sisääntuloputken muotoilu	15
2.2.3 Rummun tuentaratkaisut	16
2.2.4 Voimansiirto	17
3 RUMPUSIIVILÄN TEOREETTINEN TOIMINNALLISUUS	18
3.1 Soveltuvuus	18
3.2 Rummun käyttäytyminen	19
3.2.1 Pyörimisnopeus	20
3.2.2 Paakkuuntuminen	21
3.2.3 Kaatuminen	21
3.2.4 Linkoaminen	21
3.2.5 Syöttönopeus	21
3.2.6 Viipymäaika pyörivässä rummussa	22
3.2.7 Rummun kaltevuuskulma	22
3.2.8 Rummun reikien koko, muoto ja määrä	23
3.3 Lietteen ominaisuudet	23
4 SUUNITTELUN LÄHTÖKOHDAT	24
5 TURVALLISUUSSUUNNITTELU	26
6 TERÄSOSIEN SUUNNITTELU	28
6.1 Liiketoiminta	28

6.2 Alihankintaosat	29
6.3 Laatumääräykset	29
6.4 Toleranssit	29
6.5 Materiaalit	30
6.6 Osien lukumäärä	30
6.7 Työstäminen	30
7 PÄÄOSAT JA TOIMINTA	31
7.1 Runkorakenteet	31
7.1.1 Runkopeti	32
7.1.2 Suodosvesiallas	33
7.1.3 Rungon katos	34
7.1.1 Päätypaneelit	34
7.2 Roiskesuojaletkut	37
7.3 Rummun kokonaisuus	38
7.3.1 Rumpu ja kuljetinruuvi	39
7.4 Lietteenjakoputki KP	41
7.5 Huuhteluputki	42
7.6 Harjaputken laakerointiasema ja pesuharja akselilla	43
7.6.1 Harjaputken laakerointiasema	43
7.6.2 Pesuharja	43
7.7 Automaattinen ylivuotojärjestelmä	45
7.8 Kannatinpyörä kestopöydeltä	47
7.9 Käyttömootori ja momenttituki	48
7.10 Rumpusiivilän pääkoonpano	50
8 LASKENTA	51
9 LOPPUPÖHDINTÄ	53
LÄHTEET	54

KUVAT

Kuva 1. Rumpusiivilän rummun sisäpuolelle menevä siivilöintijäte (Katko 1978, 19).	9
Kuva 2. Rumpusiivilä rummun ulkopuolelle menevä siivilöintijäte (Katko 1978, 22).	10
Kuva 3. Mikrosiivilä (Katko 1978, 23).	11
Kuva 4. Pyörivä levysiivilä (Katko 1978, 28).	12
Kuva 5. Kaarisiivilä (Katko 1978, 15).	13
Kuva 6. Nauhasiivilä (Katko 1978, 28).	14
Kuva 7. Rumpusiiviläntuentaratkaisut.	16
Kuva 8. Rumpusiivilän voimansiirtoratkaisut.	17
Kuva 9. Pyörimisnopeuden aiheuttamat rotaatiovirtaukset rummunseinämässä (Thirunavukkarasu 2001, 6).	20
Kuva 10. Yleisimmät siivilöintiin käytettävät reikämuodot.	23
Kuva 11. Runkopeti, joka on valmistettu neliöputkista.	32
Kuva 12. Suodosvesiallas.	33
Kuva 13. Moottorinpuoleinen päätypaneeli.	35
Kuva 14. Moottorin vastainen päätypaneeli.	36
Kuva 15. Roiskesuojaluukku.	37
Kuva 16. Rummun kokoonpano-osat vasemmalta oikealle 1. moottorin vastainen pääty, 2. kuljetinruuvi, 3.rummunvaippa, 4. moottorinpuoleinen pääty.	38
Kuva 17. Kuvassa rummun sisällä pyörivä kuljetinruuvi.	39
Kuva 18. Rumpukokoonpano.	40
Kuva 19. Lietteenjakoputkikokoonpano.	41
Kuva 20. Huuhteluputki.	42
Kuva 21. Pesuharjakokoonpano.	44
Kuva 22. Moottorinpuolella oleva ylivuotoastia.	45
Kuva 23. Kannatinpyörätelinekokoonpano.	47
Kuva 24. Rumpusiivilän vaihdemoottori.	48
Kuva 25. Rumpusiivilän pääkokoonpano.	50

TAULUKOT

Taulukko 1. Vaatimustaulukko.	24
Taulukko 2. Riskitaulukko.	26
Taulukko 3. Rumpusiivilän kierrosnopeuslaskentataulukko.	51

1 JOHDANTO

1.1 Työn tavoite ja taustaa

Tämän työn tarkoituksena on selvittää rumpusiivilän toimintaperiaate ja suunnitella Dewacolle oma rumpusiivilätuote, jotta tulevaisuudessa pystytäisiin vastaamaan rumpusiivilöiden lisääntyneisiin tarjouskyselyihin. Rumpusiivilässä käsittelemättömän jätevesi pumpataan aluksi tuloputken kautta rummun sisälleen suljetumpaan päähän. Siivilöintipintaan on kiinnitetty ruuvikuljetin, joka rummun pyöriessä kerää siivilöintijätteen rummun avonaiseen päähän. Jätevesi siivilöityy siiviläpinnan lävitse ja kulkeutuu poistoputkeen. Rummun kaltevuus vaikuttaa painovoiman avulla erotuskykyyn ja siivilöinti jätteen nousunopeuteen. Siivilän pinta puhdistetaan jaksollisesti painevesihuuhtelulla tai paineilmalla. Jatkuvaan puhdistukseen käytetään harjaputkea, joka pyörii rummun kitkan avulla ja puhdistaa rummun reikiä. Tuotteessa on muuttuvia osia, joita ovat rummun pitkittäiset osat ja rumpuvaipan reikäkoko, jotka määräytyvät lietteen ominaisuuksien ja kapasiteetin kautta.

1.2 Dewaco Oy

Dewaco Oy on vuonna 1986 toimintansa aloittanut jätevedenkäsittelyyn erikoistunut yritys, joka valmistaa ja suunnittelee erilaisiin jätevesijärjestelmiin lietteen tiivistykseen, puristamiseen, keräämiseen ja siirtoon soveltuvia laitteita. Yrityksen toimipiste ja tuotantotilat sijaitsevat Laitilan Samppanummessa. Tuotteita valmistetaan pääasiassa ulkomaan vientiin. (Dewaco 2016.)

Yrityksen Dewaco Oy kuuluu Econet Oy -konserniin, joka on vesi- ja ympäristötekniikan insinööri- ja suunnittelutoimisto, joka on erikoistunut kunnallisten ja teollisuuden vesilaitosten ja jätevedenpuhdistamoiden, jätteiden biologisten käsittelymenetelmien sekä biokaasun käsittelyn suunnitteluun, projektijohtamiseen ja urakointiin. (Econet 2016.)

2 RUMPUSIIVILÄT JA VERTAILU

Jätevedenpuhdistamoilla käytetään esikäsittelyssä pääasiassa mekaanisia menetelmiä, joita ovat hiekanerotus, välppäys ja esiselkeytys. Isoimmat partikkelit on yleisesti erotettu välpällä, jossa jätevesi virtaa metalliverkon tai hilan välisistä aukoista. Hiekanerotuksessa nestettä painavimmat partikkelit laskeutuvat painovoiman vaikutuksesta pohjalle. (Katko 1978, 12–13.)

Suurilla puhdistamoilla käytetään esiselkeytysaltaita, joissa pystytään erottamaan noin 0.001 mm suuremmat partikkelit käyttämällä painovoimaa, jolloin nestettä raskaammat partikkelit laskeutuvat altaan pohjalle. Isoissa tehtaissa ja pienissä puhdistamoissa käytetään pääsääntöisesti välppää tai välpän ja hiekanerotin yhdistelmää. Jäteveden käsittelyn vaatimusten ja hienomekaanisien suodattimien kehittyessä esivedenerottamisen parantamisen tehostamisentarve on lisääntynyt. Esikäsittelyssä voidaan käyttää erilaisia siivilöitä, joiden toiminta perustuu irtoveden erottamiseen partikkeleista. Siivilöissä käytetään erilaisia suodatinpintoja esimerkiksi muovilangasta tai metallilangasta tehtyjä viiroja, mankeloitua reikälevyä tai metallilangoista koostuvia seinämiä. Siivilöillä pystytään erottamaan haluttuja partikkelikokoja pienistä kuiduista kivimineraalien suodattamiseen. Nykyisillä mekaanisilla järjestelmillä tärkein tehtävä on suojata prosessia haitallisilta ja kuluttavilta partikkeleilta ennen kemiallista ja biologista käsittelyä ja pienentää jäteveden kiintoaineen määrää ja BHK-kuormitusta. (Katko 1978, 12–13.)

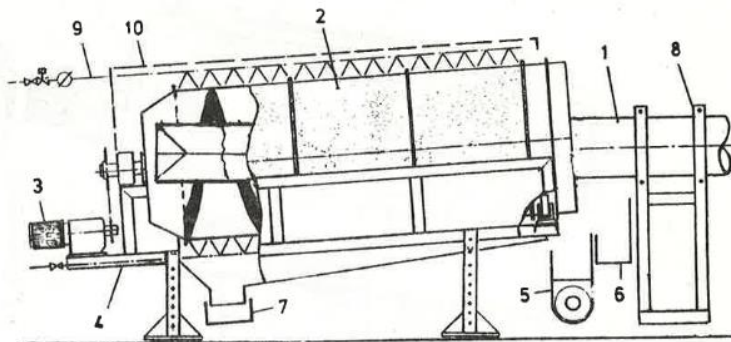
2.1 Siivilätyypit

Siivilät ovat pitkään olleet jäteveden käsittelyssä mukana erilaisilla toimintaperiaatteilla, joiden perusajatus on kuitenkin siivilöidä jäte irtovedestä tai toisin päin. Koska jäteveden ongelma on myös monimuotoinen, tarvitaan isoreikäisestä rumpusiivilästä hienoon mikrosiivilään. Jätevedenkäsittelyssä toimintaan ja rakenteensa puolesta voidaan siivilätyyppejä jakaa pyöriviin rumpusiivilöihin, pyöriviin levysiivilöihin, kaarisiivilöihin ja jatkuviin nauhasiivilöihin. Seuraavana esitellään lyhyesti nämä siivilätyypit. (Katko 1978, 14.)

2.1.1 Pyörivät rumpusiivilät

Yleisesti 4–7 asteen kulmassa oleva aukotetun rummun sisälle johdetaan jätevettä, josta irtovesi suodattuu rummun lävitse ja rummun sisällä oleva ruuvi tai lavat kuljettavat partikkelit erilliseen poistoon. (Katko 1978, 19.)

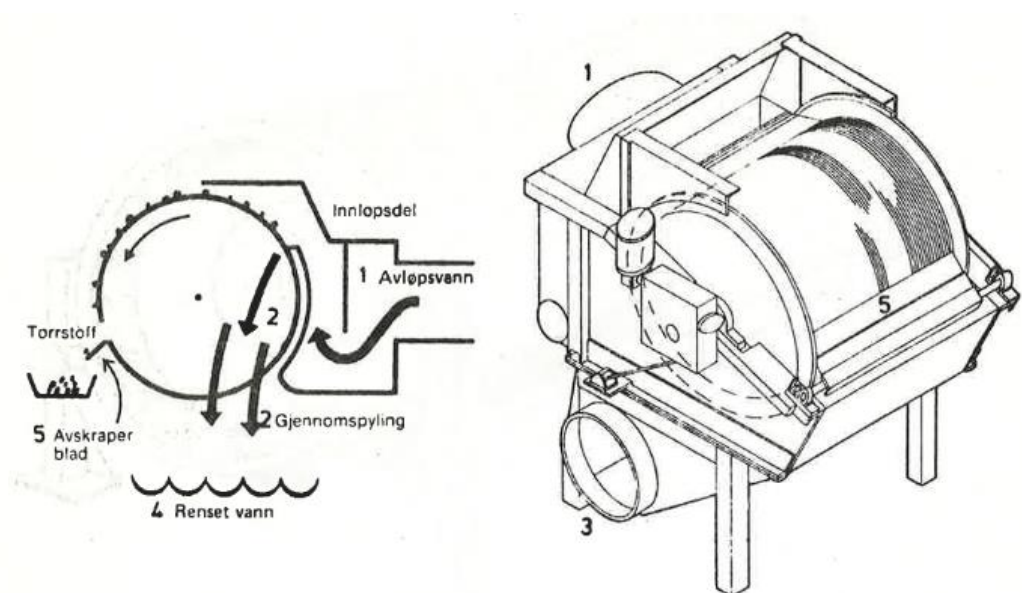
2.121 Rumpusiivilät, siivilöintijäte rummun sisäpuolelle



1 Tuloputki	Feed tube
2 Siiviläpinta	Screen
3 Käyttökoneisto	Running mechanism
4 Runko	Body
5 Siivilöintijätekouru	Screenings trough
6 Ylisyöksykouru	Overflow channel
7 Purkukouru	Effluent channel
8 Tuloputken kannatin	Feed tube support
9 Huuhteluputkisto	Backwash header
10 Suojus	Cover

Kuva 1. Rumpusiivilän rummun sisäpuolelle menevä siivilöintijäte (Katko 1978, 19).

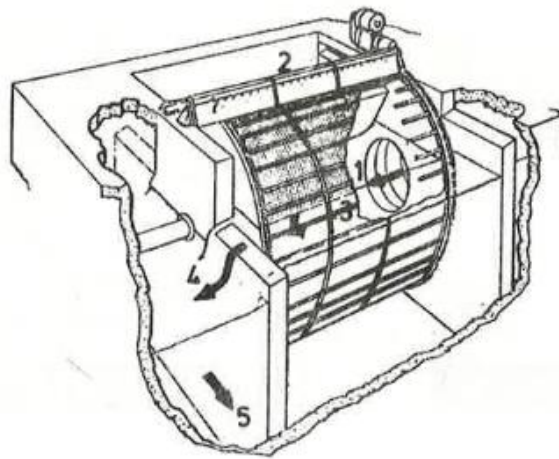
On olemassa myös rumpusiivilöitä, joihin jätevesi johdetaan rummun ulkopintaan. Rummun pinnassa olevista aukoista irtovesi valuu rummun sisälle ja partikkelit jatkavat matkaa rummun ulkopuolella olevaan kaapimeen. Kaavin irrottaa partikkelit rummunpinnasta erilliseen poistoon. Suurista siivilöistä käytetään yleisesti nimitystä Trommel. Niiden koko voi kasvaa kymmeniin metreihin, silloin voidaan rumpupintana käyttää myös teräsverkkoa. (Katko 1978, 22.)



- | | | |
|---|--------------------|------------|
| 1 | Tuleva jätevesi | Influent |
| 2 | Läpihuhtelu | Backwash |
| 3 | Käsitelty jätevesi | Effluent |
| 4 | Siivilöintijäte | Screenings |
| 5 | Kaavinlaite | Wiper |

Kuva 2. Rumpusiivilä rummun ulkopuolelle menevä siivilöintijäte (Katko 1978, 22).

Kun rumpusiivilän rummun reikälevyn sijaan käytetään viiraa, jossa olevien aukkojen läpimitta on 0.02- 0.1 mm välillä, puhutaan yleisesti mikrosiivilästä, joita käytetään gravitaatiovirtausten yhteydessä. (Katko 1978, 23.)

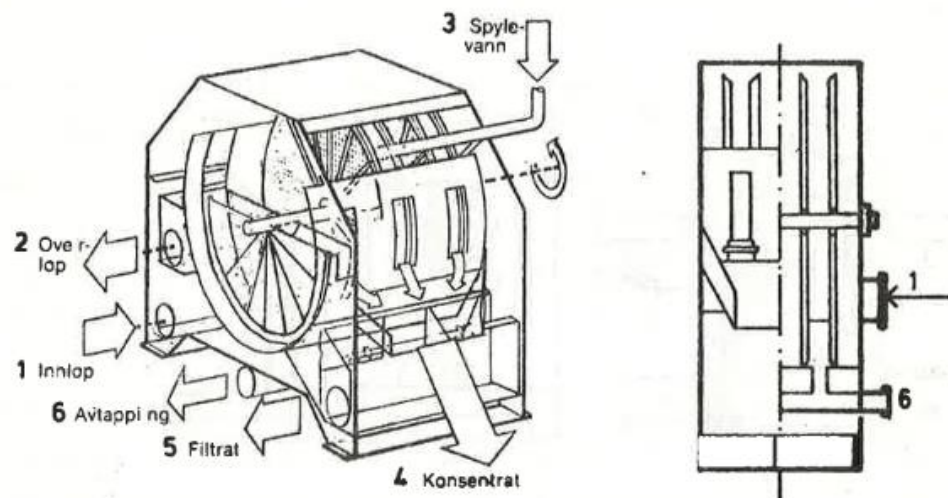


1	Syöttö	<i>Feed</i>
2	Huuhteluputkisto	<i>Backwash header</i>
3	Viira	<i>Microscreen</i>
4	Siivilöity jätevesi	<i>Screened sewage</i>
5	Purku	<i>Effluent</i>

Kuva 3. Mikrosiivilä (Katko 1978, 23).

2.1.2 Pyörivät levysiivilät

Levysiivilän toimintaperiaate perustuu useiden pystyasennossa olevien rei'itettyjen levyjen pyörintään, joiden väliin johdetaan jätevettä. Reikien lävitse irtovesi johdetaan suodosvesiputkeen. Reikiä suuremmat partikkelit jäävät levyihin kiinni, jotka kaavari kaappii omaan poistoyhteeseen. (Katko 1978, 28.)

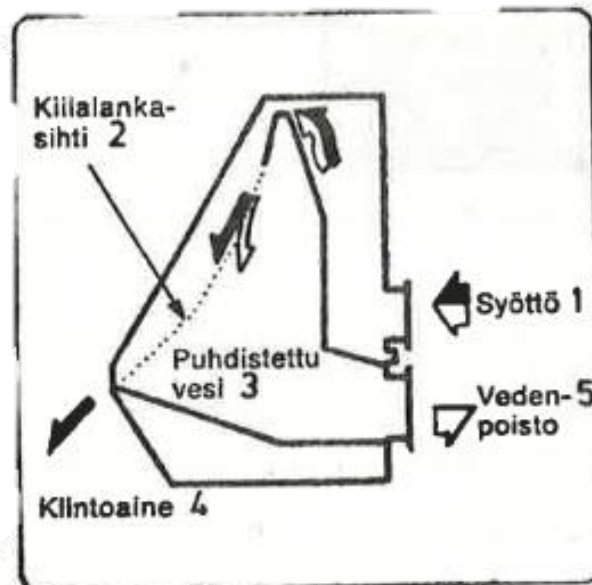


1	Syöttö	Feed
2	Ylisyöksy	Overflow
3	Huuhteluvesi	Backwashing
4	Siivilöintijäte	Screenings
5	Suodosvesi	Filtrate
6	Purku	Effluent

Kuva 4. Pyörivä levysiivilä (Katko 1978, 28).

2.1.3 Kaarisiivilät

Kaarisiivilä perustuu paikoillaan oleviin metallilankoihin jotka ovat 25–45 asteen kulmassa (kuvassa 5. kiilalankasihti). Jätevesi syötetään valumaan laitteen yläkautta suurella nopeudella, jolloin metallilangat ohjaavat kiinteänjätteen jätevedestä partikkeleita pienemällä lankavälillä erilliseen poistoon ja irtovesi siivilöityy yhden tai useamman lankamaton lävitse vedenpoistoon. (Katko 1978, 15.)

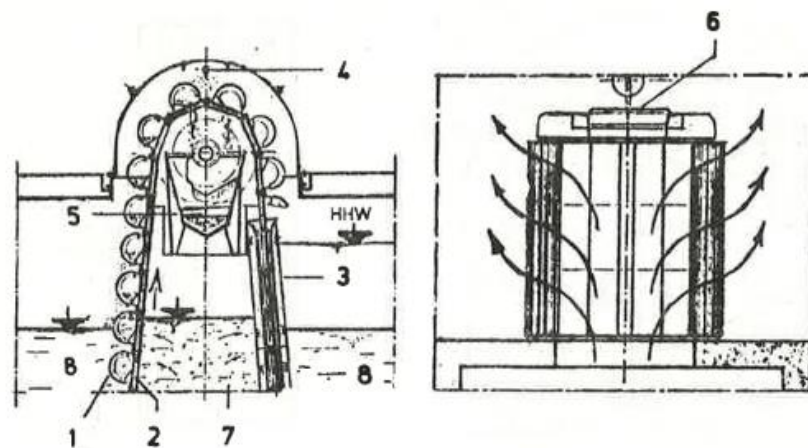


1	Syöttö	Feed
2	Siiviläpinta	Screen
3	Siivilöity jätevesi	Screened sewage
4	Siivilöinti-jäte	Screenings
5	Purku	Effluent

Kuva 5. Kaarisiivilä (Katko 1978, 15).

2.1.4 Jatkuvat nauhasiivilät

Nauhasiivilä toiminta perustuu siivilöintikoriin, joka kuljettaa siivilöintijätteen siivilöintijätekuuruun ja samalla siivilöi nestettä altaaseen (Katko 1978, 28).



1	Siiviläkori	Screen basket
2	Siiviläkorin kynnyslevy	Edge sheet of screen basket
3	Runkoketju	Body chain
4	Huuhtelusuihkut	Backwashing
5	Siivilöintijätekuuru	Screened solids hopper
6	Ylipaineläppä	Valve for excess of pressure
7	Raakavesi	Raw water
8	Siivilöity vesi	Screened water

Kuva 6. Nauhasiivilä (Katko 1978, 28).

2.2 Pyörivien rumpusiivilöiden eroavaisuudet

Eroavaisuuksia todetaan vain sisältäpäin siivilöytyvissä rumpussiivilöistä. Rumpusiivilä valmistajia on monia ja sen myötä myös rumpusiivilä mallien kirjo on laaja. Yhdistävä tekijä kaikissa malleissa on kuitenkin reikärumpu, joihin sisältyy siirtoruuvi tai siirtosiivekkeet. Merkittävimmät eroavaisuudet laitteissa ovat:

1. Mallin muotoilu
2. Sisääntuloputken muotoilu
3. Rummun tuenta ratkaisut
4. Voimansiirto

2.2.1 Mallin muotoilu

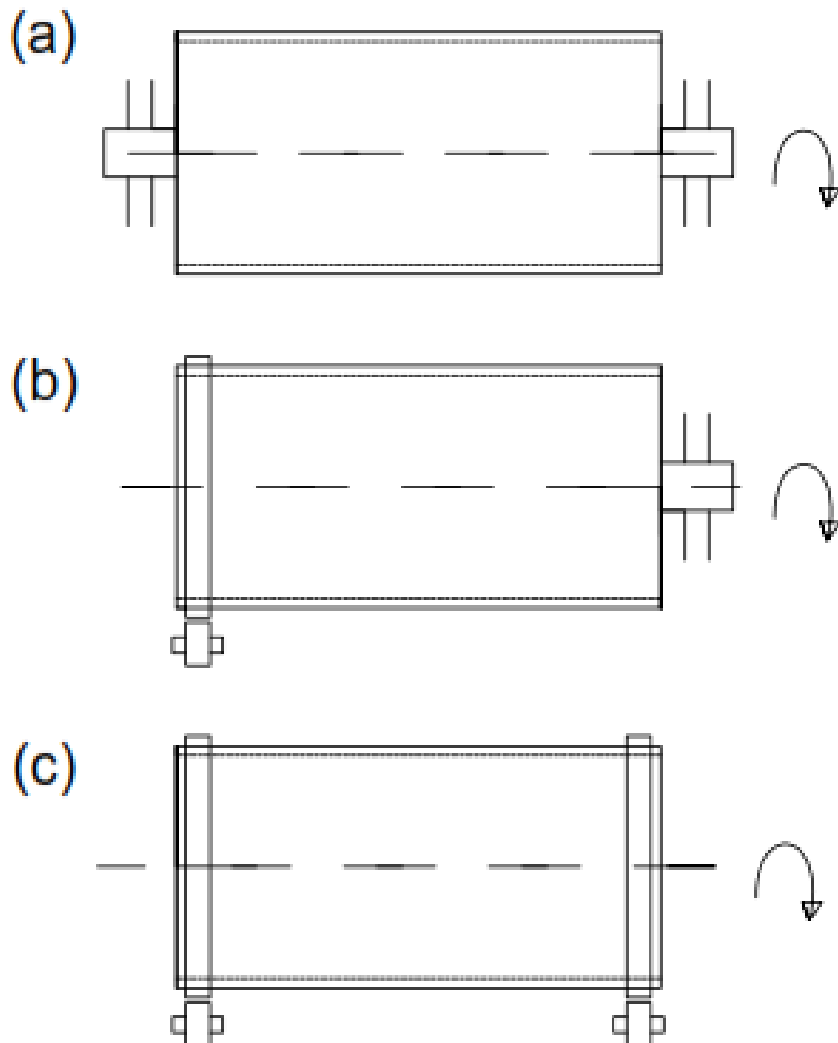
Rumpusiivilät valmistetaan yleisesti ruostumattomasta teräksestä hyvän kulu-
tus-ja korroosiokestävyyden takia. Rungon muotoilussa otetaan huomioon eri-
laisten voimien vaikutus ja nesteen sujuva ohjaus. Seinämien kestävyyttä on
parannettu käyttämällä hitsattuja lujitteita, särmäyksiä, neliöputkivahvikkeita ja
lisäämällä seinämävahvuutta.

2.2.2 Sisääntuloputken muotoilu

Sisääntuloputket pyrkivät levittämään lietettä mahdollisimman tasaisesti rum-
mun sisäpinnalle, jotta irtovesi pääsisi mahdollisimman vapaasti valumaan
rummun lävitse poistoyhteeseen. Putkissa on käytetty erilaisia virtausohjausle-
vyjä ja muotoja parantamaan irtoveden erottumista.

2.2.3 Rummun tuentaratkaisut

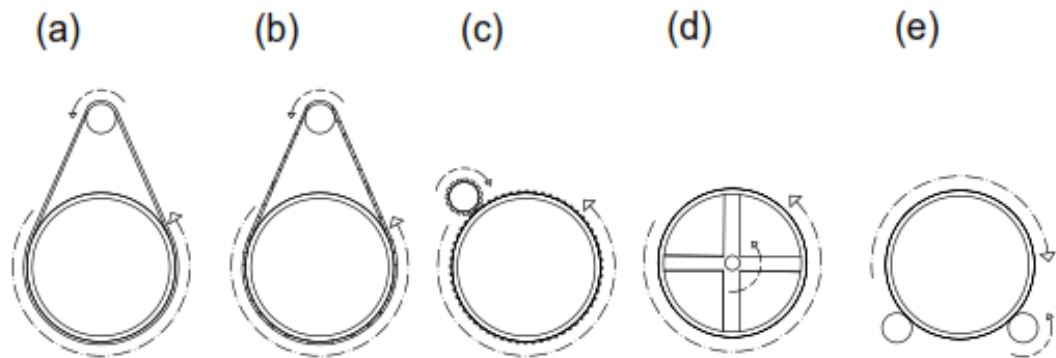
Tutkiessani löysin rummusta useampaa eri ratkaisua. Jokaisesta tuentaratkaisusta saadaan erilainen etu. Kuvan mallissa (a) on ratkaistu tuenta päätylaipasta ja voimansiirrosta, jolloin rummun siivilöintipinta kasvaa, koska rumpuun ei tarvitse lisätä leveää päätyhuulta. Kuvan mallissa (b) on käytössä yksipari tukipyöriä, jolloin tarve on yhdelle päätyhuulelle, johon tukipyörä ottaa kontaktia. Vastakkaisessa päädyssä voimansiirto ottaa mekaaniset voimat vastaan, jolloin olisi hyväksi käyttää joustavaa kytkintä. Kuvan mallissa (c) rumpu on tuettu kummastakin päädystä, jolloin suodosalue pienenee, mutta mekaaniset voimat vähenevät käyttöä kohden.



Kuva 7. Rumpusiiviläntuentaratkaisut.

2.2.4 Voimansiirto

Tutkiessani eri rumpusiivilätuotteita huomioin, että voimansiirtoon rumpusiivilöissä on yleisesti käytetty viisi erilaista variaatiota. Käyttömoottori on asennettu laitteen päälle, josta voimansiirto tapahtuu hihnan välityksellä (kuva 8 ratkaisu a) tai ketjulla (ratkaisu b). Käyttömoottori on asennettu päätylevyyn, josta voima siirtyy hammaspyörällä rummun päätypantaan, johon on tehty ratas yleisesti PE-muovista (Kuvan 8 ratkaisu c). Käyttömoottori on asennettu päätylevyyn, josta voimansiirto tapahtuu suoraan tai joustavalla kytkimellä rumpuun ks. (ratkaisu d). Viimeinen voimansiirron (ratkaisu e), on tukipyörään suoraan siirretty voima päätylevyssä sijaitsevasta käyttömoottorista.



Kuva 8. Rumpusiivilän voimansiirtoratkaisut.

3 RUMPUSIIVILÄN TEOREETTINEN TOIMINNALLISUUS

Rumpusiivilän toiminta perustuu siihen, että seulottava partikkeli kulkeutuu seulalla aukon läpi alikokoon tai ohittaa aukon päätyen ylikokoon. Irtoveden erottuminen seulalla perustuu painovoimaan.

3.1 Soveltuvuus

Rumpusiivilä erottaa tilavuudeltaan suuria partikkeleita esimerkiksi paperisia, elintarvike, kumisia ja muovisia kappaleita, jotka menevät välpistä lävitse eivätkä laskeudu hiekanerottimeen tai esiselkeytysaltaaseen pienen tiheydensä vuoksi. Siivilän ja esiselkeytyksen tehoa ei voida tämän takia verrata pelkästään prosenttien vähenemien perusteella. Siivilä, jonka reikä- tai rakokoko on 0,5–5 mm, vastaa välppää ja osittain hiekanerotinta olosuhteiden mukaan. Siivilä on joka tapauksessa tavanomaista välppää tehokkaampi, sillä tiheänkin välpän lävitse menee pitkiä, kuitumaisia aineksia, jotka siivilä erottaa esimerkiksi: narut, top puikot, muovikassit jne. (Katko 1978, 131–132.)

Rumpusiivilöinnin etuna on, että se tasaa laskeutuvan aineen ja vähentää kiintoaineen pitoisuusvaihteluja. Lisäksi etuna on vähäinen energiankulutus, koska pyörintänopeudet ovat rauhallisia. Rumpusiivilä on myös helppohoitoinen, ja yksinkertaisten ratkaisuiden takia vakaa laite. (Katko 1978, 131–132.)

Siivilöinti soveltuu hyvin esimerkiksi seuraaviin (Katko 1978, 131–132) kohteisiin:

- kemiallisen laitoksen esikäsittelyyn
- laivoihin
- paperi- ja massateollisuus
- tekstiiliteollisuuteen
- elintarviketeollisuuteen

- kalateollisuus
- teurastamoihin
- jäteveden puhdistamoihin
- pumppaamoihin
- vesilaitoksiin
- lämpölaitoksiin.

3.2 Rummun käyttäytyminen

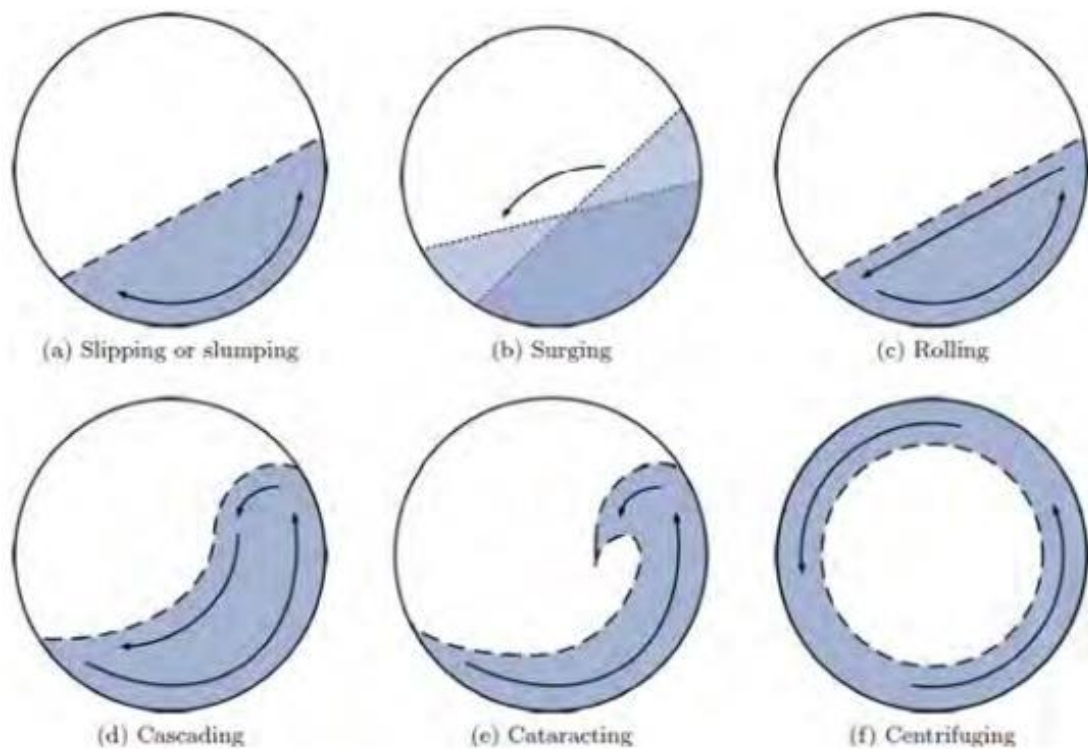
On olemassa useita tekijöitä, jotka vaikuttavat rumpusiivilän erotustehokkuuteen, kuten

- Pyörimisnopeus
- Syöttönopeus
- Viipymäaika pyörivässä rummussa
- Rummun kaltevuuskulma
- Rummun reikien koko, muoto ja määrä
- Lietteen ominaisuudet

3.2.1 Pyörimisnopeus

Kehänopeudella vaikutetaan lietteen käyttäytymiseen rummun sisällä. Rummun kehänopeutta yleisesti mitoitetaan suhteessa kriittiseen kehänopeuteen. Kehänopeuden tulisi olla 30–40 m/min tai 10–25 r/min riippuen rummun halkaisijasta (Katko 1978, 103). Rumpusiivilä tukkeutuu helposti alhaisella kierrosnopeudella, mutta suurella kierrosnopeudella voivat dynaamiset rasitukset olla liian voimakkaita ja saada rummun hallitsemattomaan liikkeeseen. (Katko 1978, 103.)

Pyörimisnopeudella voidaan vaikuttaa eroteltavien partikkeleiden kuiva-aine pitoisuuteen eli laatuun ja tulokapasiteettiin, jotka ovat toistensa vastakohtia. Jos halutaan laatua, pitäisi pyrkiä nopeuteen, jolloin partikkelit kaatuvat eivätkä pyöri liian hitaasti tai nopeasti. Pelkästään kapasiteettia ajatellen pyörintänopeus nostetaan täydelle teholle, jolloin energian kulutus nousee ja kuiva-aine pitoisuus laskee. (Katko 1978, 103.) Pyörimisnopeutta säätämällä voidaan säävuttaa kuusi erilaista partikkeleiden käyttäytymistä.



Kuva 9. Pyörimisnopeuden aiheuttamat rotaatiovirtaukset rummunseinämässä (Thirunavukkarasu 2001, 6).

3.2.2 Paakkuuntuminen

Kun pyörimisnopeus on alhainen, hiukkaset nousevat rummun pohjalta vain lyhyen matkan, jonka jälkeen valuvat alas ja paakkuuntuvat, jolloin seulonnan tehokkuus kärsii ja lietteen partikkelien sidokset pitävät irtovettä itsessään.

3.2.3 Kaatuminen

Pyörimisnopeutta kasvattamalla saadaan hiukkaset nousemaan korkeammalle rummunsisäpinnalle. Nopeuden kasvaessa partikkelit nousevat korkeammalle ja lopulta irtavat aaltoliikkeen omaisesti takaisin pohjalle, mikä luo siivilän pintaan turbulenttia. Kaatuminen sekoittaa myös sekoittaa partikkeleita ja ohjaa pienemmät partikkelit pohjalle, mikä lisää suodattavuutta.

3.2.4 Linkoaminen

Korkealla pyörimisnopeudella saadaan aikaan partikkeleiden liimautuminen rummun seinämään keskipakovoimalla. Linkoamista pyritään rumpusiivilöinnissä välttämään suuremman energian kulutuksen ja komponentteihin kohdistuvien voimien kasvun takia. Siirtyvien partikkeleiden hallittavuus laskee lietteen vaihtelujen takia.

3.2.5 Syöttönopeus

Rummun kapasiteetti ja erotustehokkuus ovat toistensa vastakohtia. Kun rummun erotustehokkuutta halutaan suurentaa, kapasiteettia joudutaan vähentämään. Kapasiteettia muokataan tulosityötön virtausta säätelämällä. Liian suuri virtaus aiheuttaa kontaktin vähenemistä rummunpinnan ja partikkelien välillä.

3.2.6 Viipymäaika pyörivässä rummussa

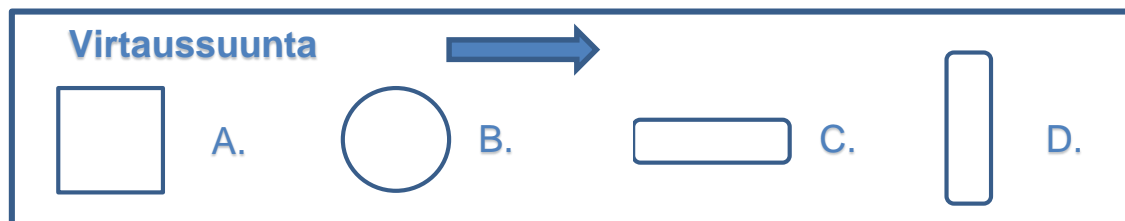
Kun rumpu pyörii, partikkelit pidetään kosketuksessa pyörivän seinämään keskipakovoimalla. Kun hiukkaset saavuttavat rummun yläosaa, painovoiman toimii säteen suunnassa ja voittaa keskipakovoiman, jolloin hiukkaset putoavat Kuvan 9 liikkeellä.

3.2.7 Rummun kaltevuuskulma

Kulma vaikuttaa partikkeleiden viipymisaikaan rummussa ja vähentää irtoveden nousemista partikkeleiden kanssa. Kulman vaikutuksella voidaan teoriassa vähentää rummunpituutta, kun maan vetovoima pyrkii pitämään nesteen matalammassa päässä. (Katko 1978, 104.)

3.2.8 Rummun reikien koko, muoto ja määrä

Rummun reikien koko määräytyy haluttujen läpi kulkevien partikkelien koon mukaan. Rummun reikäkoon pienentyessä erotuskyky suurenee ja käyttövarmuus taas laskee.



Kuva 10. Yleisimmät siivilöintiin käytettävät reikämuodot.

Reikien muodolla voidaan parantaa läpäisykykyä.

- A. Neliötä käytetään pääasiassa louhoskoneissa.
- B. Pyöreä lisää kestävyyttä.
- C. Horisontaali suorakaide lisää kapasiteettia, mutta vähentää partikkelien erottumista.
- D. Vertikaalinen suorakulmio lisää tarkkuutta ja vedenerotusta, mutta vähentää kestävyyttä.

Yleisin käytettävä muoto on pyöreä korkeamman kestävyyden takia. Reikien määrä pyritään maksimoimaan läpäisykyvyn, kun taas liiallisella aukotuksella muodonmuutosten ja rikkoutumisen vaara kasvaa. (Metso 2015, 4:5.)

3.3 Lietteen ominaisuudet

Lietteen ominaisuudet vaihtelevat suuresti riippuen partikkelien yleiskoosta ja nesteen olemuksesta. Etenkin kunnallisessa lietteessä partikkelin koko on satumanvarainen, jolloin voidaan määrittää partikkelikoon mukaan sallittava suodattavuus. (Katko 1978, 89.)

4 SUUNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

Tuotesuunnittelu aloitettiin käymällä läpi, mitä uudelta tuotteelta halutaan. Teimme vaatimuslistan, jonka pohjalta aloimme toteuttaa pohdintoja ja tekemään ensimmäisiä piirustuksia.

Taulukko 1. Vaatimustaulukko.

Vaatimustaulukko	
KV,	Vaatimuksen kuvaus
	GEOMETRIA
KV T T	<ul style="list-style-type: none"> Modulaarinen ratkaisu voidaan käyttää osia useampaan koon. Osien määrän optimointi Ratkaisujen kustannustehokkus
	Rakenneosat
KV KV KV	Rumpuvaippa: <ul style="list-style-type: none"> Kestettävä vaippaan kohdistuvia voimia. Hyvä vedenläpäisykyky. Materiaali ruostumatongeräs.
KV KV T KV	Rumpuvaipan siirtoruuvi: <ul style="list-style-type: none"> Siirtoruuvien yhdistäminen rumpuvaippaan ilman merkittäviä muodonmuutoksia. Tiivis kiinnitys. Ruostumatongeräs. Kestettävä ruuviin kohdistuvia voimia.
KV KV KV	Runko. <ul style="list-style-type: none"> Kestettävä runkoon kohdistuvia voimia. Rumpu 4-6 asteen kulmassa. Tuloylivuotoputki pitää mahtua poistamaan vetämällä ulkopäin.
	Käyttö
T	NORD vaihdemoottori
	KV = Kiinteävaatimus T = Toivomus

Rumpusiivilän tavoitteena oli saada aikaan modulaarinen tuote, jossa voitaisiin käyttää samoja osia ja piirustuksia hyödyksi useammassa koossa. Tavoite saavutettiin tekemällä kaksi erimittaista laitetta käyttäen samoja päätyprofiileja, joista tehtiin kyllin vahvoja kestämään kahden eripituisen koneen voimia. Myös kaikkien lineaaristen osien päädyt pysyivät samoina, jolloin vain lineaarisien osien pitkittäispituutta kasvatettiin.

5 TURVALLISUUSSUUNNITTELU

Konetta suunnitellessa pitäisi ottaa huomioon koneiden sekä niissä olevien järjestelmien, komponenttien ja laitteiden turvallisuuskysymykset. Turvallisuusteen kuuluu konedirektiivit ja standardit. Itse turvallisuussuunnittelussa riskin arviointi ja riskin pienentäminen ovat päätekijät, jossa otetaan huomioon kaikki terveys- ja turvallisuusriskit. Keskustelimme tehtaan johtajan kanssa, ja mietimme mahdolliset turvallisuusriskit ja teimme siltä pohjalta riskitaulukon. ”*Uusi konedirektiivi vahvistaa, että turvallisuussuunnittelu on syytä tehdä myös osittain valmiille koneille siltä osin kuin se on mahdollista. Koneturvallisuuden standardeja sovelletaan siis myös suunniteltaessa tuotteita, jotka eivät toimi itsenäisesti*” (Suomen standardisoimisliitto 2015, 2–3).

Taulukko 2. Riskitaulukko.

RISKITAILUKKO			
Seuraukset	Vähäiset Ei oireita tai satunnaista viihtyvyyshaittaa tai ärsytysoireilua.	Haitalliset Toistuvat ärsytys, likaantuminen, vahingot kehossa. sairastuminen	Vakavat Pysyvä sairaus, ammattitauti, ruumiinosan irtautuminen, menehtyminen.
Todennäköisyys			
Epätodennäköinen isku käyttömoottorista		X	
Mahdollinen puristuminen pyöriviin osiin			X
Todennäköinen Roiske tai hajuhaitta	X		(x)

Rumpusiivilän vakavin riski tapaturmaan oli puristuminen, joka voisi sattua laitteen ollessa päällä, jos roiskesuojaluukkuja avattaisiin ja käsi tai hiha jäisi kiinni koneen pyöriviin osiin. Tästä johtuen luukkuun laitettiin lukitus ja huomiotarrat, jolloin liikkuviin osiin ei vahingossa pääse käsiksi. Sen lisäksi kosketusetäisyydelle lisättiin hätä seis-painikkeet kummallekin puolelle, myös pohdittiin luukkuun turvajärjestelmää, joka sammuttaisi koneen luukkua avattaessa. Koneessa tapahtuva pyörimisnopeus on hidas, joten kiinnijäämisen riski on pieni.

Toiseksi vakavin riski oli koneen ulkopuolelta tapahtuva isku, joka voisi tapahtua moottorin pyörähtäessä, jos rumpu pääsisi kiilautumaan ja näin vaihdemoottori itse alkaisi pyöriä. Ongelma poistettiin tekemällä vahva momenttituki, joka ottaisi väännön vastaan ongelmatilanteessa jonka jälkeen moottori sammuisi ylikuumentumisen takia ja lisäsimme myös tukipyöriä, jotta rumpu ei pääsisi vääntymään liian suureen kulmaan moottoriin nähden.

Kolmas riski olisi liukastuminen, jonka aiheuttaisi tulviminen, joka toisi prosessitilaan pumpattavaa lietettä. Tähän ratkaisuksi asennetaan laitteeseen ylivuotoanturointi. Roiskesuojaluukkujen suunnittelussa otettiin huomioon koneen vesitiiveys, jota lisätään laittamalla luukkuihin tiivistelistat.

6 TERÄSOSIEN SUUNNITTELU

Teräsosien suunnittelussa hyvän ja tuotantotehokkaan tulokseen pääseminen edellyttää, että suunnittelija tiedostaa tuotannon laitteiden ja valmistusmenetelmien rajoitukset ja olemassa olevat mahdollisuudet. Tuotteen suunnittelun perusteena pitäisi olla valmistusajan minimointi ja toisena, että raaka-ainetta säästettäisiin mahdollisimman hyvin.

6.1 Liiketoiminta

Hyvän liiketoiminnan ratkaisevana pääpiirteenä on myyntikate. Myyntikate perustuu omakustannushinnan ja myyntihinnan erotukseen. Mitä suurempi erotus, sitä parempi mahdollisuus on yrityksen tehdä voittoa. Siten pieni omakustannushinta parantaa yrityksen mahdollisuuksia tehdä voittoa. Markkinoilla onnistuminen edellyttää kilpailukykyisiä tuotteita. Alla olevassa taulukossa on esimerkkejä omakustannushintojen vähentämiseen. (Piironen 2013, 5–7.)

- Osien minimointi
- Osien yksinkertaisuus, samanlaisuus ja selkeä muotokieli
- Modulaariset tuotteet
- Tehokkaat valmistusmenetelmät
- Työkustannukset ja materiaali

Valmistuskustannukset jakautuvat pääasiassa neljään eri osaan, joista suurimman vie työosuus, jonka jälkeen tulevat osat, alihankinta ja kuljetus. Osuuksien määrät vaihtelevat monimutkaisten ja yksinkertaisten teräsosien valmistuksen jakautumisesta. Yksinkertaisen teräsosan kustannukset ovat enemmän materiaalipainotteisia, kun taas monimutkaisten osien painopiste on työssä. Suunnittelussa pitäisi pyrkiä keskittämään tuotantoa, jotta turhilta siirroilta voitaisiin säästyä. Osia suunnitellessa pitäisi aina miettiä työn osuuden vähentämistä. Materi-

aalia valittaessa pitäisi pyrkiä mahdollisimman edulliseen ratkaisuun, joka kuitenkin pitää sisällään tarvittavat raja-arvot. (Piironen 2013, 5–7.)

6.2 Alihankintaosat

Suunnittelijan kannattaa punnita, mikä tuotteessa antaa asiakkaalle lisäarvoa? Standardiosat ovat yleisesti edullisia ja luotettavia toiminnoiltaan, minkä takia kannattaa käyttää mahdollisimman paljon standardiosia suunnittelussa. Osien määrä kannattaa pitää mahdollisimman pienenä, jotta varaston kierto nopeutuu ja vanhenevien osien määrä laskee. Samankaltaisten osto osien yhdistäminen eri tuotteiden välillä myös lisää varaston kiertoa ja voi laskea ostohintoja. (Piironen 2013, 8.)

6.3 Laatumääräykset

Suunnittelussa on aina otettava huomioon laadulliset vaatimukset, jotka on annettu alla olevassa taulukossa.

- Asiakasvaatimukset
- Maakohtaiset yleiset määräykset ja standardit
- Lujuus- ja materiaali ehdot
- Työjäljen tarkkuus
- Lopputuloksen tavoitteet
- Valmistusmenetelmä

(Piironen 2013, 9.)

6.4 Toleranssit

Piirustuksessa tulisi tulla esille jokaisen piirteen koot ja geometriset tarkkuudet. Toleranssit pitää olla täysin oikein. ”Yleistoleransseilla voidaan määrittää taulukoiden avulla määrätyille mitoille ja muodoille sallitut poikkeamat. Yleistolerans-

sin pääajatus on yhdistää ja selkeyttää piirustuksia. Yleistoleransseissa on erilaisia standardeja, jotka on otettava huomioon. Etenkin piirustuksissa ja valmistuksessa on oltava sama standardi käytössä. (Piironen 2013,10–11.)

6.5 Materiaalit

Suunnittelussa tulisi käyttää mahdollisimman paljon standardikokoja ja materiaaleja, jolloin toimitusaika ja hinta eivät valmistuksessa pääsisi nousemaan. (Piironen 2013,12.)

6.6 Osien lukumäärä

Osien lukumäärän alentaminen ja laitteen yksinkertaistaminen useasti vähentää työtä ja kustannuksia. Yksi tapa lukumäärän alentamiseen on suunnitella symmetrisiä osia, jolloin osien väärä asennusmahdollisuus vähenee ja osien käyttötarkoitus lisääntyy. (Piironen 2013,13–15.)

6.7 Työstäminen

Tuotteen suunnittelussa pitäisi pyrkiä käyttämään mahdollisimman vähän työvaiheita. Piirustusten mitoituksessa olisi kannattavaa pyrkiä tasamitoitukseen. Asennukseen olisi suositeltavaa käyttää asentovakaita liitososia.

(Piironen 2013,16–17.)

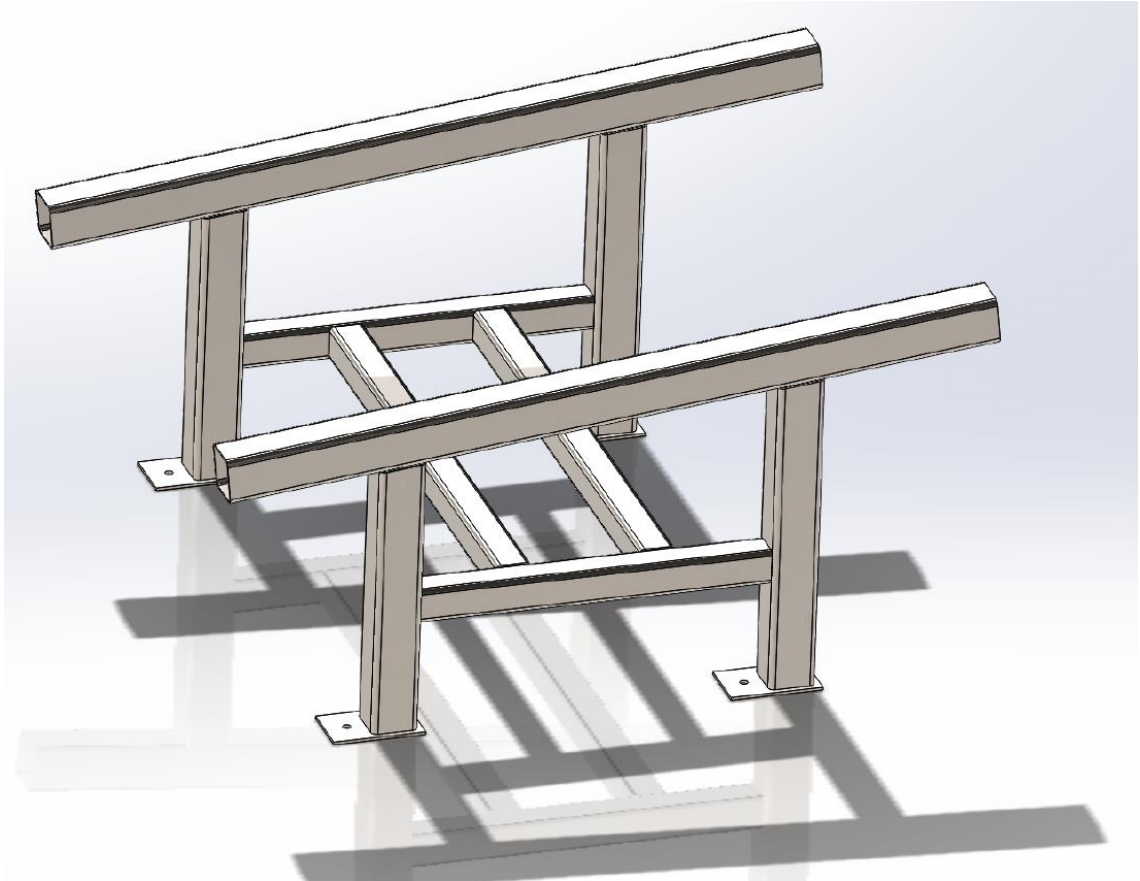
7 PÄÄOSAT JA TOIMINTA

7.1 Runkorakenteet

Rungon suunnittelussa vaatimuksena oli käyttää materiaalina AISI 316 L ruostumatonta terästä. Rungon pitää kestää käytön aiheuttamia rasituksia. Runko voidaan jakaa neljään eri osaan suodosvesialtaaseen, päätypaneeleihin, katokseen ja runkopetiin. Rungon valmistuksessa ensimmäisiä kysymyksiä oli ainevahvuus ja materiaalin muodonmuutoksien estäminen. Ainevahvuudessa otettiin ensimmäiseen prototyyppiä ajatellen suurempi varmuuskerroin kuin tavallisesti, jotta laite voisi toimia myös jatkettuna versiona samoilla vahvuuksilla ja täten voidaan käyttää samoja päätyprofiileja. Rungon suunnittelussa tärkeimmät elementit olivat päädyt ja allas toiminnollisuuden takaamiseksi.

7.1.1 Runkopeti

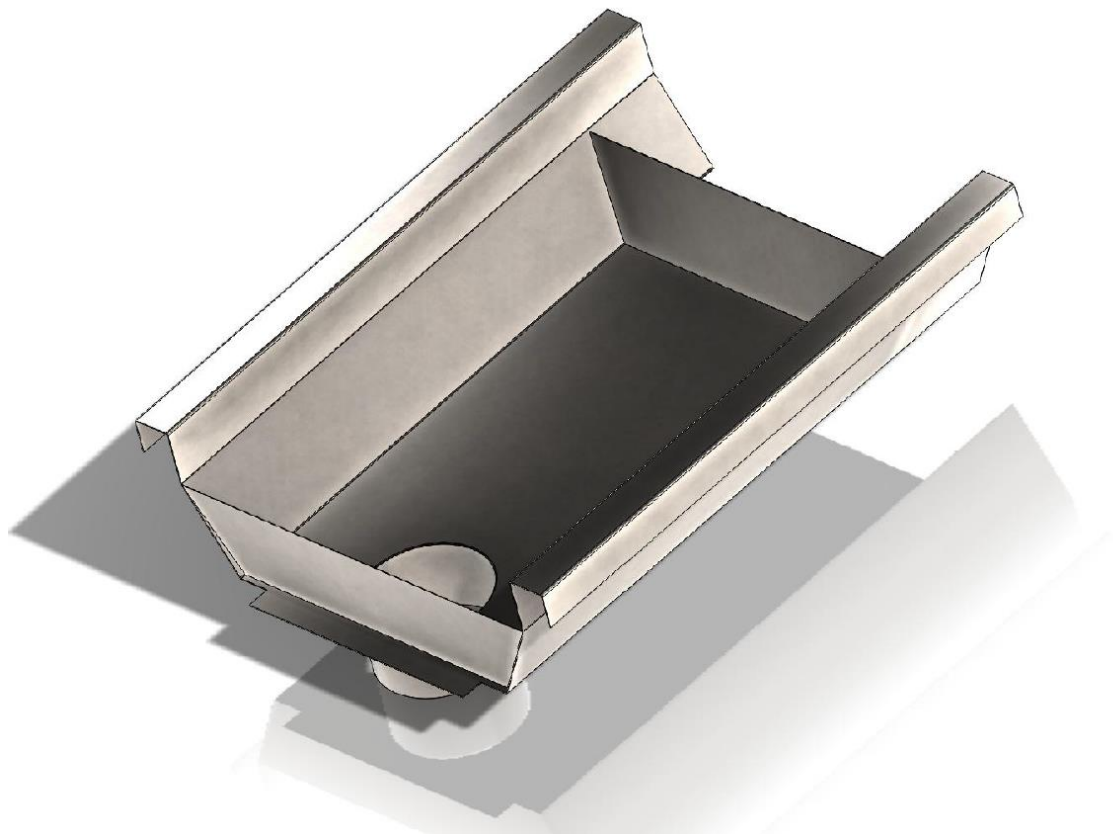
Runkopeti valmistetaan laserleikatuista ja sahatuista neliöputkista, jotka kiinnitetään hitsaamalla. Runkopedin pääfunktio on tukea ja ottaa rumpukotelon voimia vastaan ja suunnata rumpusiivilän kaikki päälle kasattavat osat kuuden asteen kulmaan.



Kuva 11. Runkopeti, joka on valmistettu neliöputkista.

7.1.2 Suodosvesiallas

Suodosvesiallas on suunniteltu ohjaamaan irtovesi DN300-poistoputkeen altaan pohjalla ja ottamaan väliaikaisesti suuremmankin kapasiteetin irtovettä altaaseen vaihtelevan virtauksen vuoksi. Altaan vastapuolella on kiintoaineen poistopuoli, johon on valittavissa suppilomainen poisto esimerkiksi siirtoruuvialtaaseen tai DN300-poistoputki. Ennen putkea on ylivuotopelti, jonka tarkoitus on ohjata tukoksen tai liian suuren virran hätätapauksessa kiintoaineastiaan ja estää kiintoaineen sekoittumista irtovesialtaaseen. Altaan kaikki kulmat ovat pyöristettyjä ja päädyissä on ohjauspellit, jotta kiintoaine ei pääse kasaantumaan kulmiin. Valmistus tapahtuu laserleikkaamalla aihio, joka työstetään särmämälä.



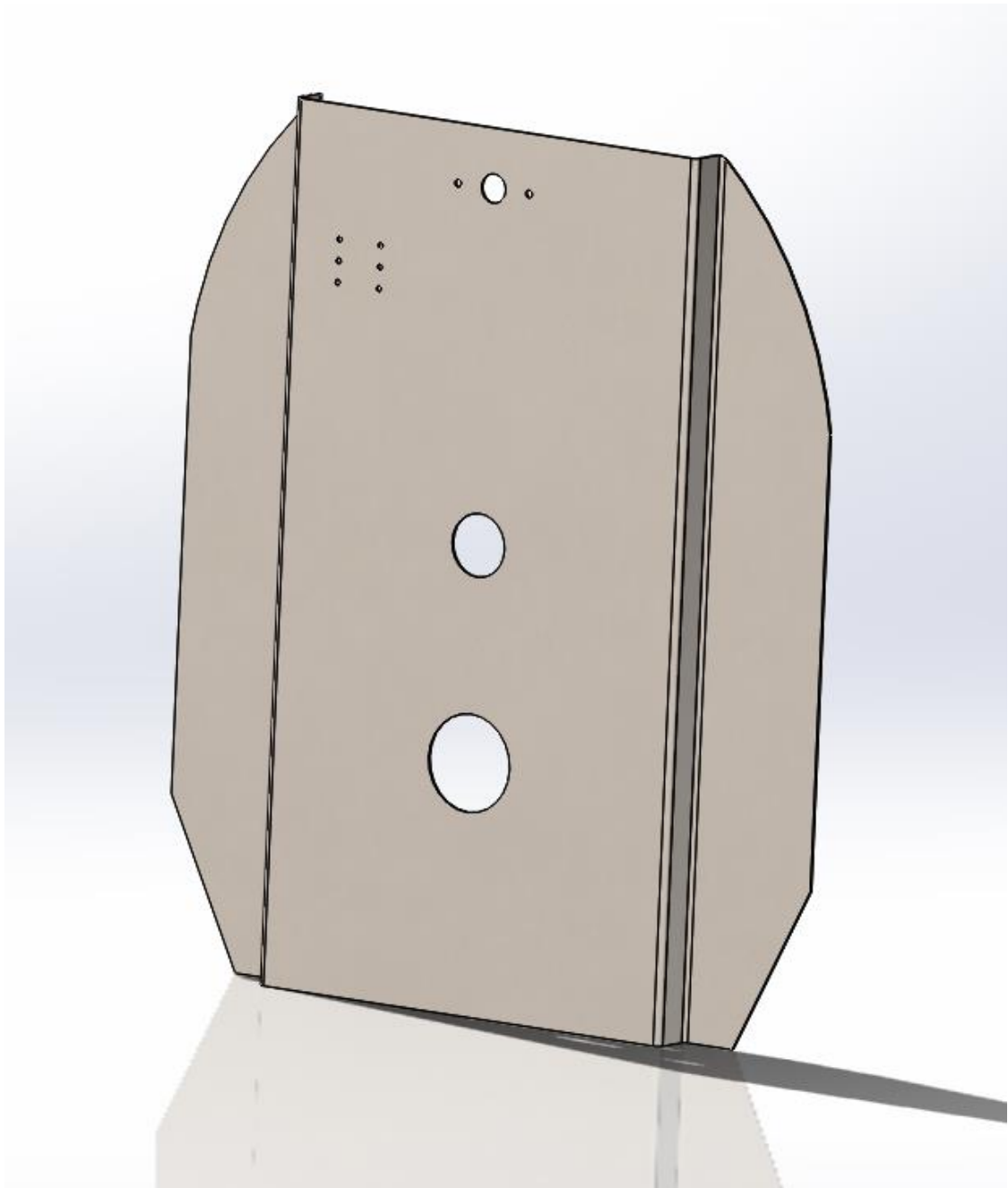
Kuva 12. Suodosvesiallas.

7.1.3 Rungon katos

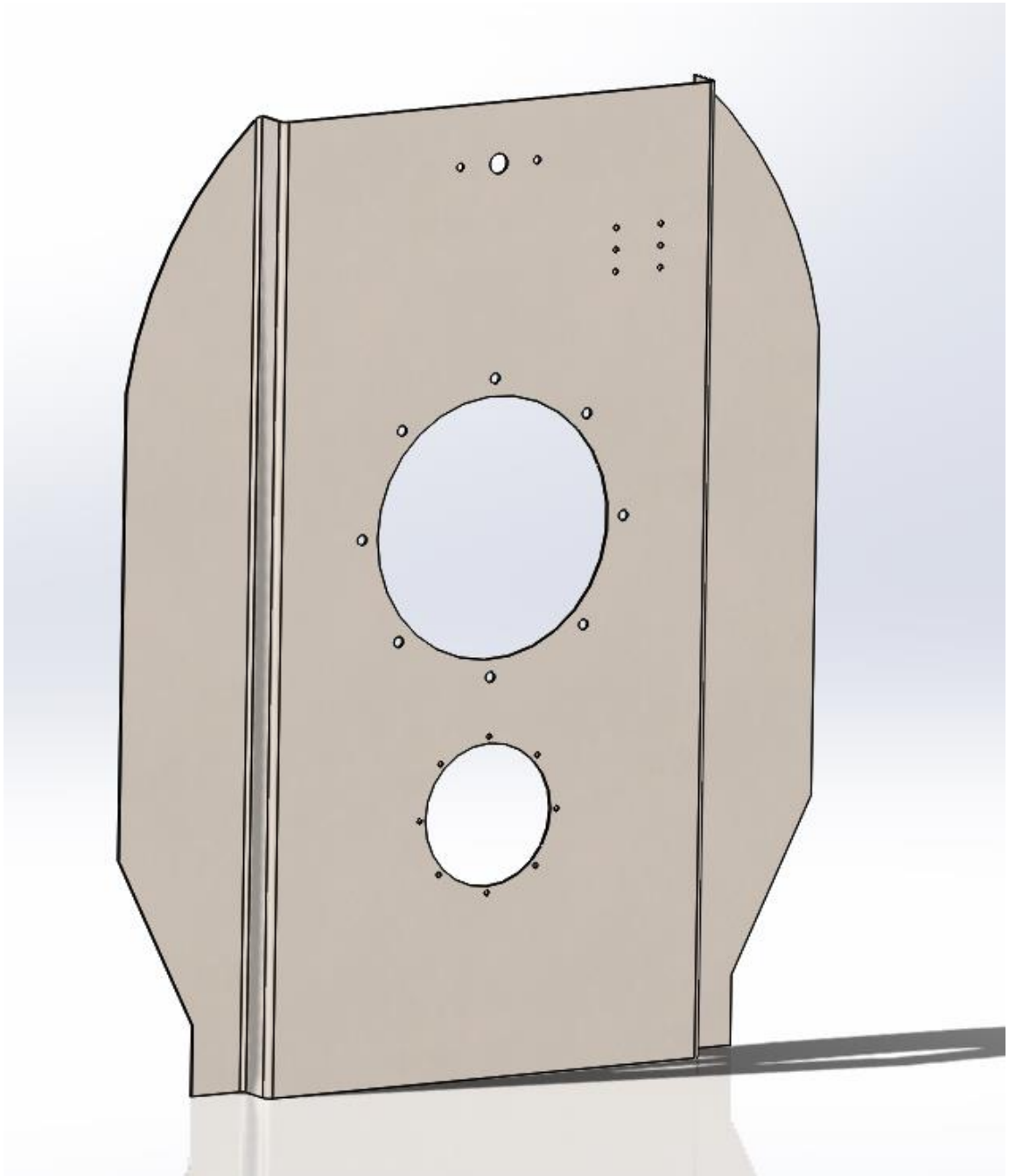
Katokseen hitsataan DN60-poistoilmaputki. Katosta on vahvistettu neliöteräsputkella ottamaan vastaan roiskesuojuukkujen ja päätyjen voimia.

7.1.1 Päätypaneelit

Päätypaneeleihin suunniteltiin pullistumisen estoksi ulkonevat särmäykset, lisäksi moottorin momenttituki tukevoittaa moottorin puoleista päätypaneelia ja estää moottorin pyörähtämistä ja tukee moottorin toimintaa. Moottorin vastaisessa päätypaneelissa on marine-huoltoluukku, joka voidaan hetkellisesti avata tarkistusta varten koneen käynnin aikana. Huoltoluukun kautta voidaan painepesurilla poistaa tukoksia vedenjakoputkesta ja rummun pinnasta.



Kuva 13. Moottorinpuoleinen päätypaneeli.



Kuva 14. Moottorin vastainen päätypaneeli.

7.2 Roiskesuojaluukut

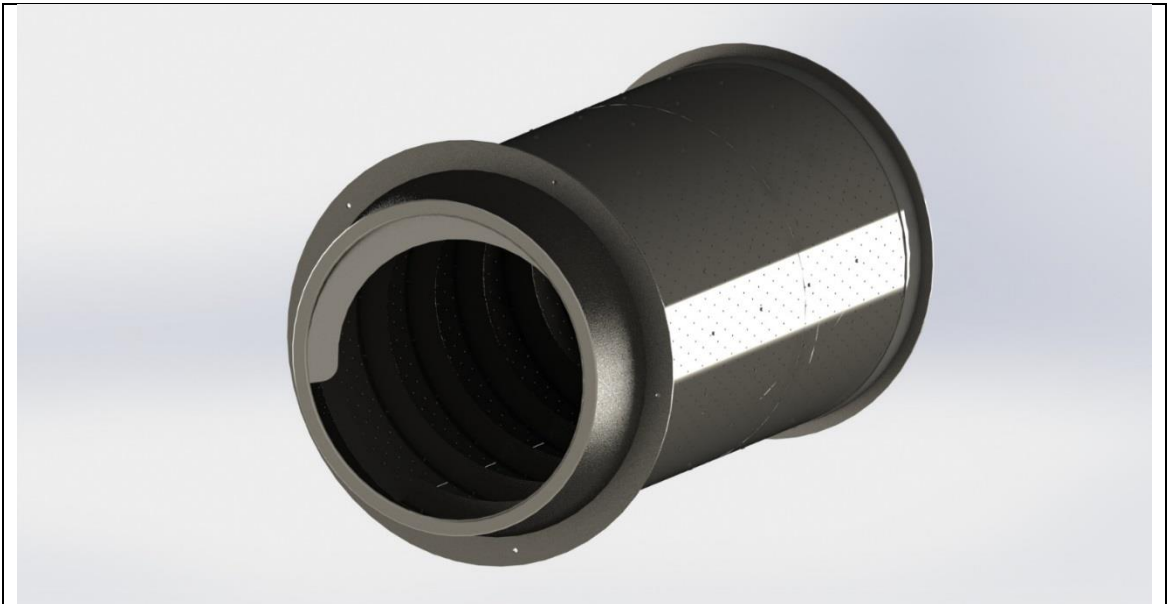
Roiskesuojaluukut pitävät hajut ja haitalliset roiskeet poissa prosessitilasta. Suojaluukun levyt leikataan laserilla Aisi 316-teräksestä ja pyöreä muoto tehdään mankeloimalla. Luukun ylä- ja alaosaan tehdään särmäämällä lujitteita pitämään luukku muodossaan. Luukun saranat ovat kitkasaranoituja, jolloin suoja voidaan portaattomasti avata haluttuun asentoon tai vaihtoehtoisesti huollon yhteydessä irrottaa kokonaan avaamalla saranan ruuvit. Luukun alaosaan asennetaan lukollinen salpa estämään luukun tahatonta avaamista.



Kuva 15. Roiskesuojaluukku.

7.3 Rummun kokonaisuus

Rumpu on koko tuotteen tärkein, koska se siirtää lietettä ja suodattaa irtoveden. Rummun kaikissa teräsosissa käytettiin ruostumatonta terästä.

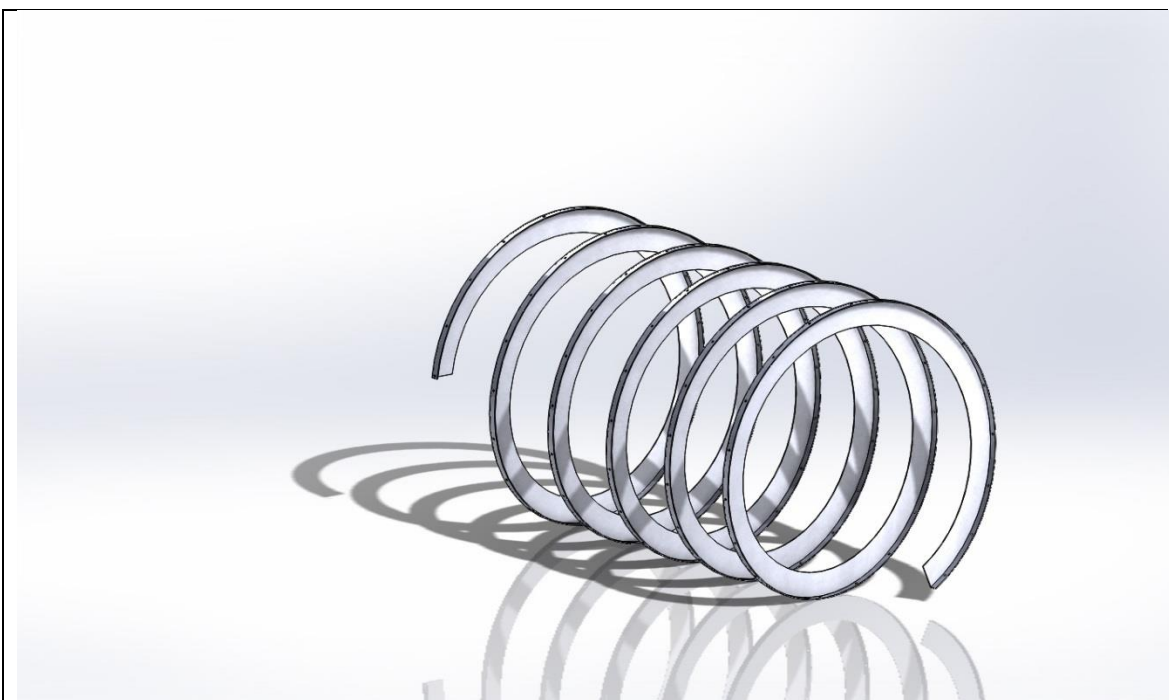


Kuva 16. Rummun kokoonpano-osat vasemmalta oikealle 1. moottorin vastainen pääty, 2. kuljetinruuvi, 3. rummunvaippa, 4. moottorinpuoleinen pääty.

Rumpuvaipan sisälle suunniteltiin (4) kuljetinruuvi, joka kuljettaa ja kääntelee ylikokoiset partikkelit vähitellen lietepoistokuiluun. (3) Moottorinpuoleiseen päähän suunniteltiin ylivuotokynnys, joka tulvii, kun rummun suodatinaukot tukkiutuvat.

7.3.1 Rumpu ja kuljetinruuvi

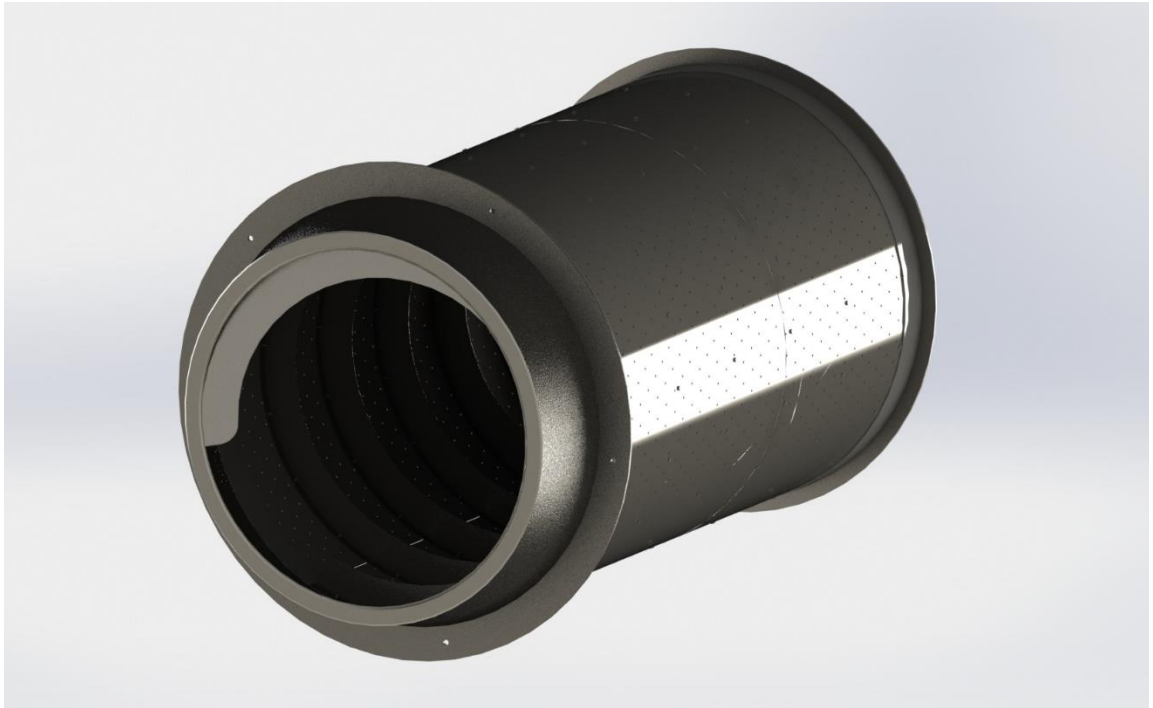
Kuljetinruuvi Siirtää siivilöintijätettä rummun sisällä ja toimii myös rummun sisärunkona. Se valmistetaan ruostumattomasta lattateräksestä, johon ensin porataan reikiä 100 mm:n välein. Ruuvi kiinnitetään teräsniiteillä rumpuun. Kuljetinruuvin spiraali työstetään vetämällä, niin että kierteissä ainevahvuus säilyy tasaisena eikä ulkoreunaohenemaa tule kierteisiin. Hankaluudeksi osoittautui L-profiili-muoto, jonka taivuttaminen ilman ulkoreunan ohenemaa tai ulkokehän muodon muutokset, jotka aiheuttaisivat rummun sisällä kuitujen ja partikkeleiden kiinnittymistä väljyyksiin. Suomesta kuitenkin löytyi yksi valmistaja, joka olisi valmis pienien erien valmistukseen.



Kuva 17. Kuvassa rummun sisällä pyörivä kuljetinruuvi.

Rumpu

Rumpu on suunniteltu pitämään ennalta määrätyn kokoiset partikkelit poissa irtovedestä käyttämällä erikokoisia läpivientireikiä 0,6–2,5 mm:n väliltä. Tässä mallissa käytimme ruostumatonta reikälevyä 1.5mm:n reikäkoolla ja kolmiomittana 2.5 mm. Rumpu valmistetaan mankeloimalla ja sauma hitsataan.



Kuva 18. Rumpukokoonpano.

7.4 Lietteenjakoputki KP

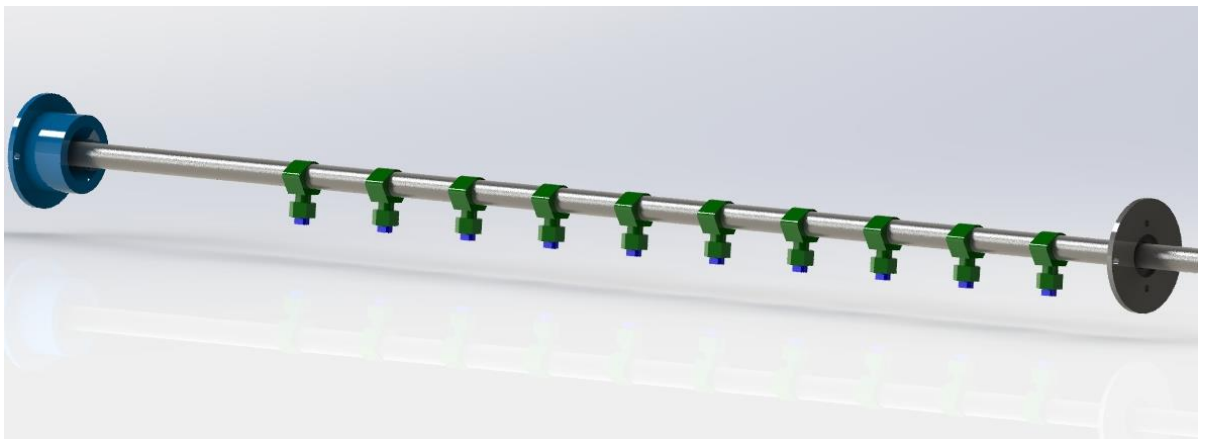
Lietteenjakoputken päätoiminnallinen periaate on tasaisen ja leveän virtauksen saaminen, jotta partikkelit eivät liikaa kasaantuisi samalla alueella ja näin irtoveksi pääsisi helpommin vuotamaan siivilän läpi. Vedenjakoputki voidaan kiinnittää kahdella eri tavalla riippuen, onko prosessitilassa huomioitu vedenjakoputken pois vetäminen kokomittaisena vai irrotetaanko sisäpuolelta rummun kanssa. Lietteenjakoputki yhdistetään joustavaan DN250-tuloyhteeseen.



Kuva 19. Lietteenjakoputkikokoonpano.

7.5 Huuhteluputki

Huuhteluputki suihkuttaa kohtisuoraan ajoittaisen puhdistuksen rummun pyöri-
vään pintaan pyrkimällä poistamaan tukoksia aukoista. Huuhteluputkien suutti-
met ovat 100 mm:n välein, jotta 30 asteen suihkutuskulma peittää koko suihku-
tettavan alueen. Suuttimien kärjestä lähtee litteänsoikea suihku, mikä on vielä
voimakas ja menee rummun aukkoihin kulmittain poistamalla partikkeleita.
Muovista valmistetut suuttimet on helppo vaihtaa kalkkeutumisen tai muuten
likaisen huuhteluveden takia. Huuhtelussa voidaan käyttää kierrätettyä proses-
sivettä tai puhdasta vettä. Puhdas vesi vähentää huollon tarvetta. Huuhteluput-
ken liittäminen DN25-tuloputkeen, jossa on oltava minimissään 4 baarin paine,
jotta suihkun pysyy tehokkaana ja kärjet puhtaina.



Kuva 20. Huuhteluputki.

7.6 Harjaputken laakerointiasema ja pesuharja akselilla

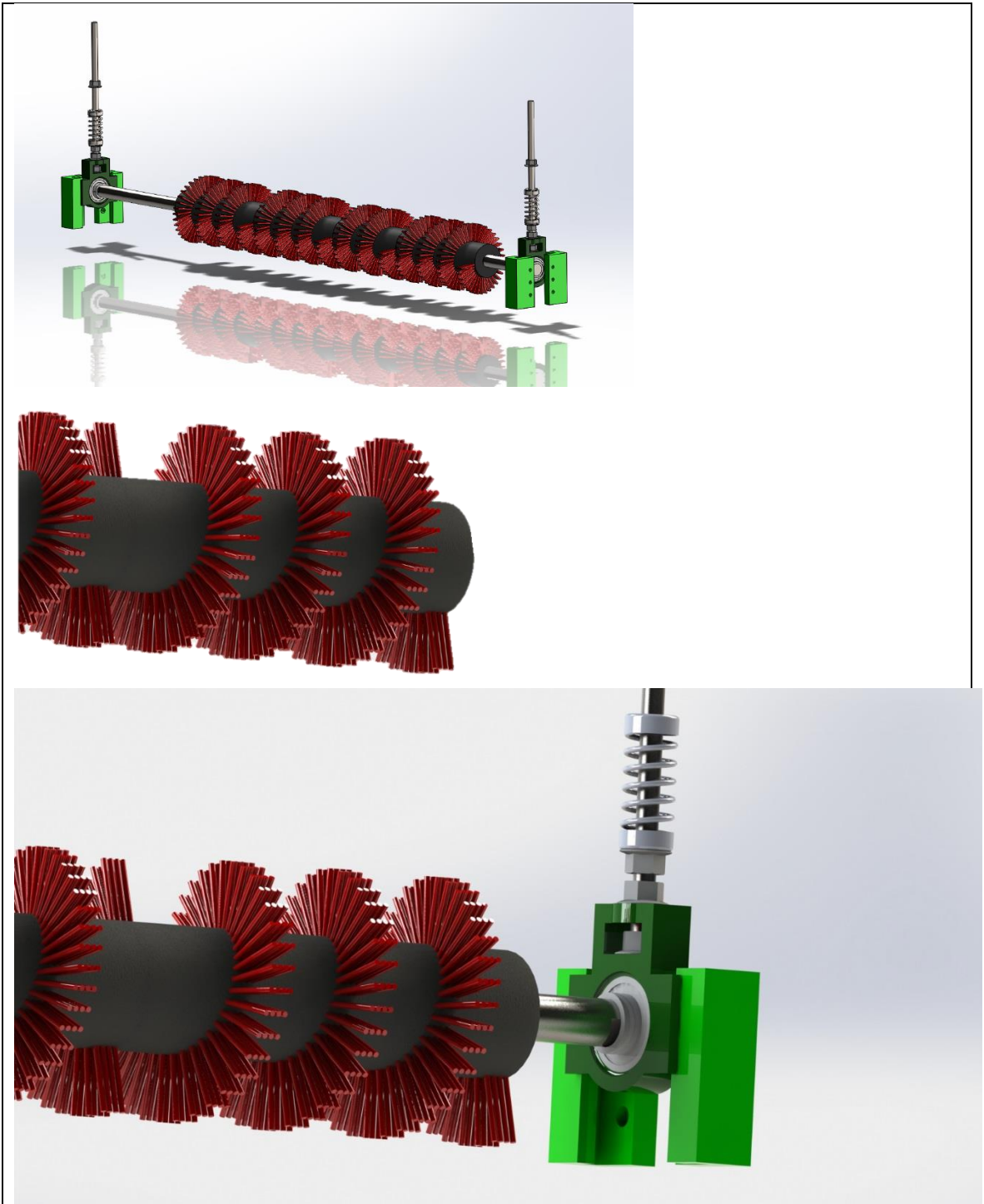
7.6.1 Harjaputken laakerointiasema

Harjaputken laakerointiaseman tarkoitus on pitää pyörivän harjakset kiinni rummunpinnassa. Rummun muotovirheiden ja epätasaisen pyörimisen tasoittaa ylhäällä oleva painejousi. Harjaksen säätö tapahtuu katolla olevasta säätömutterista. 67 mm pitkä koska jousen maksimi sallittu pituus dynaamisella kuormala

Teollisesta kovamuovista PE-1000 koneistettu L-kisko pitkästä kiskosta leikataan 4 osaan, josta saadaan kahdelle UCT250-laakeriasemalle liukukiskot. UCT250-laakeriaseman ja pesuharjan akseli tehdään työntösovituksella, jotta harjamoduulien vaihto onnistuisi huoltomieheltä pienellä vaivalla.

7.6.2 Pesuharja

Pesuharja puhdistaa rummun aukkoja jatkuvalla pyörintällä. Pesuharja saa liike-energiansa harjasten ja pyörivän rummun yhteisestä kitkasta. Harjan säikeiden kuuluu olla aukon puolella välissä, sillä jos säikeet menevät liian syvälle aukkoihin se aiheuttaa säikeen kääntymistä rummun ulkopinnalle, joka kuluttaa harjaa ja alentaa merkittävästi puhdistuksen tulosta. Harjasten materiaaliksi valitsimme nailonin kestävyys ja toimintakyvyn varmuuden vuoksi. Pesuharjassa päädyimme modulaarisiin harjaksiin, jotta kuluneen osan paikkaa voi vaihtaa tai ostaa uuteen harjamoduulin. Harjan vaihtamisen laiminlyönti aiheuttaa harjaksen muuttumista mankeliksi, joka aiheuttaa kulumista etenkin hitsausliitoksissa ja voi saada aikaan laitteen rikkoutumisen. Pesuharjamoduulin mitat Harjanpaksuudet 0.5 mm, 0,8 mm ja 1,2 mm moduulin pituus 200 mm ja 250 mm.



Kuva 21. Pesuharjakokoonpano.

7.7 Automaattinen ylivuotojärjestelmä

Ylivuodon ohjausastia

Ylivuotoastialla on kaksi tarkoitusta. Ensimmäinen on rummun tukkeutumisen takia tulevan ylivuodon ohjaus rummun takaosasta astiaan ja siitä ylivuotopoyhteeseen, jotta siivilöimätön liete ei pääse sekoittumaan irtoveteen. Toinen tarkoitus on liiallisen lietevirtauksen ohjaaminen ylivuotoyhteeseen.

Ylivuotoanturi

Pintavalvontarele saa hälytystiedon, kun raja-anturi aktivoituu kahden elektronin ja nesteen kohdattaessa. Koneessa on jatkuva ilmankosteus, joka ei itsessään aktivoi anturia. Anturi ei myöskään aktivoidu valuvien pisaroiden takia, jos ne eivät ole kyliksi suuria yhteyttämään elektrodeja.

Ylivuotorummusta

Ylivuotoastia on asetettu rummun ylivuotoaukkojen kohdalle, jolloin ylivuoto laskeutuu alas poistoyhteeseen, joka voidaan yhdistää joko irtovesiputkeen tai lietetuloputkeen.



Kuva 22. Moottorinpuolella oleva ylivuotoastia.

Ehdotus ylivuodon sekvenssikaaviosta

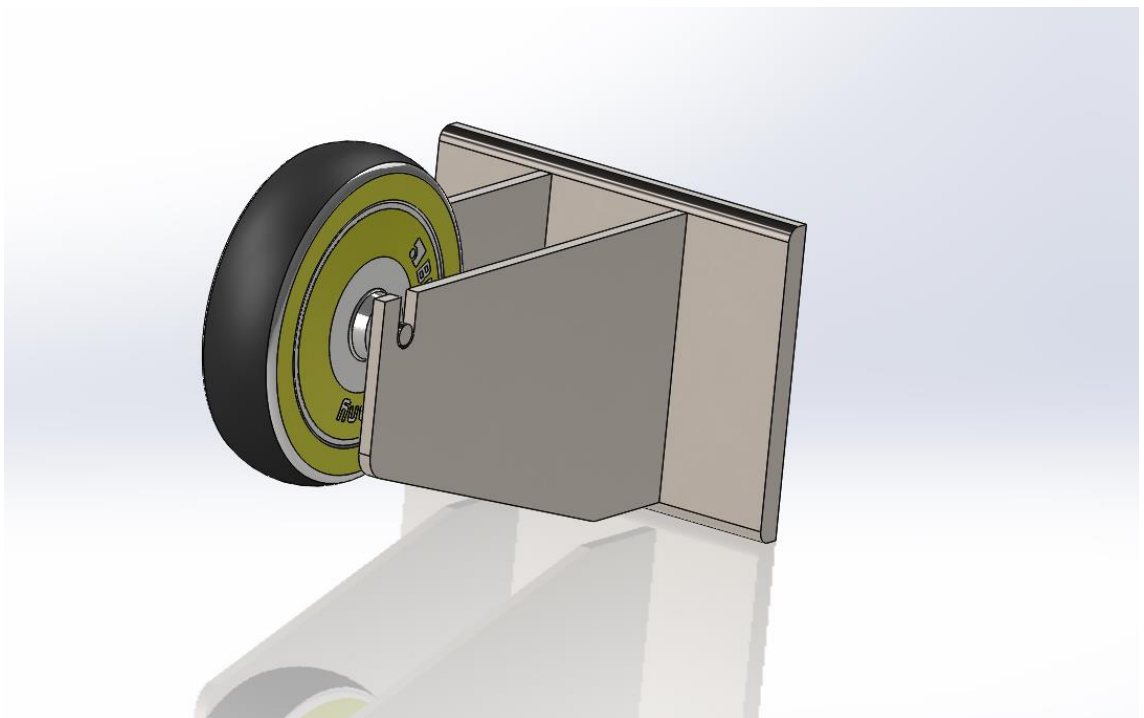
Rummun aukkojen tukeutumisesta johtuva lietteen tulviminen ylivuotoastiaan aktivoi raja-anturin, jolloin rele antaa tiedon aloittaa painehuuhtelu rummun pintaan ja "hidastaa pumppausta tarvittaessa". Valitun ajan jälkeen valvontarele tarkistaa, onko hälytys poistunut. Hälytyksen jatkuessa toistetaan huuhtelu, jos kolmannella kerralla hälytys uusiutuu, niin lietepumppu suljetaan. Valvontarele antaa tiedon keskukseen, että laite tarvitsee mekaanista pesua ja tarkastusta. Rummun mekaanisen pesun yhteydessä pitäisi tarkistaa elektrodien kunto ja että elektrodien ilmaisivalo palaa vihreänä, joka ilmaisee hälytyksen loppuneen.

Suodosvesialtaan pinnankorkeus

Ylikapasiteetin takia nousevan pinnankorkeuden rajamittaukseen irtovesialtaassa käytetään uimurikytkintä AKO-53126. Uimurikytkin aktivoituu, kun irtovedenpinta nousee yli rajan, jolloin kytkinkuoren sisällä oleva metallikuula vierii vastuksiin ja antaa releelle käskyn lietepumpun hidastamiseen, jos määrätyn ajan kuluttua anturi on vielä aktivoitunut, silloin pinnanvalvonta sulkee pumpun hetkellisesti. Lopulliseen laitteeseen ei anturia asenneta, koska altaan pinnankorkeuden mittaamiseen ei nähty tarvetta, koska altaan ylikapasiteetti laukaisee ylivuoto anturin.

7.8 Kannatinpyörä kestovoiteltuna

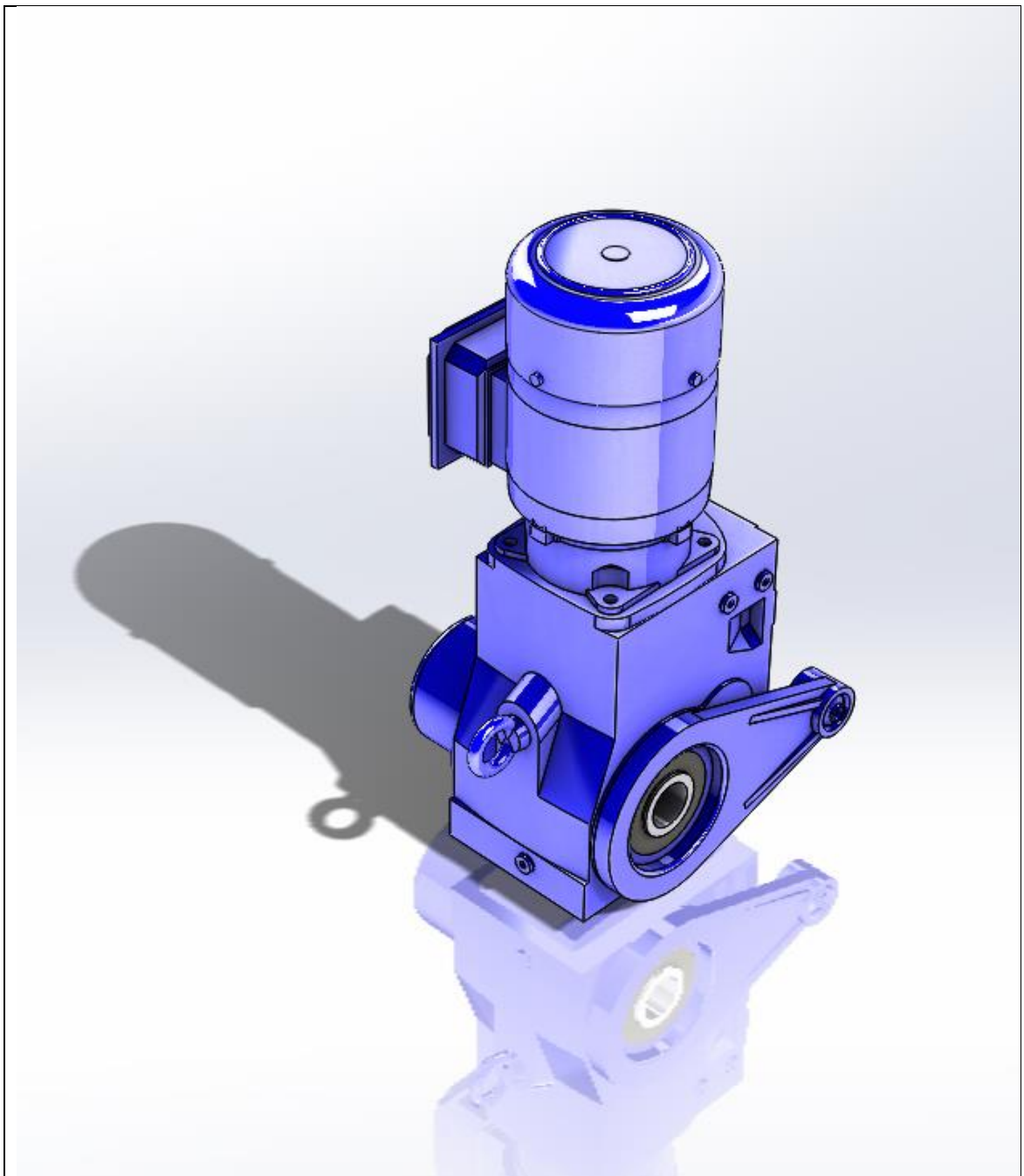
Kannatinpyörä tasaa rummun pyörintää ja vähentää momentin aiheuttamia voimia moottorin akseliin. Kannatinpyöräksi valittiin kemikaaleja ja kovaa rasi-
tusta kestävä teollinen kumipyörä. Kannatinpyörä liitetään kestovoitelunippa.
Pyörän laakeriin valmistetaan akseli, joka lukitaan Seger-kiinnikkeellä pyörään
ja kannatinpyöräntelineeseen



Kuva 23. Kannatinpyörätelinekokoonpano.

7.9 Käyttömootori ja momenttituki

Moottorin valintaa vaikeuttaa epätasainen lietteen laatu ja muuttuvat virtausmäärät, jotka vaikuttavat pyörimisliikkeeseen tarvittavien voimien määrään. Rumpusiivilän voimanlähteeksi valittiin Nord SK9012 teholla 0.37 kW vaihemootori, sen lisäksi momenttituki on liitetty moottoriin estämään pyörähdystä laitteen ulkopuolella. Moottorin rumpuun liittämiseen valmistetaan tumppiakseli.



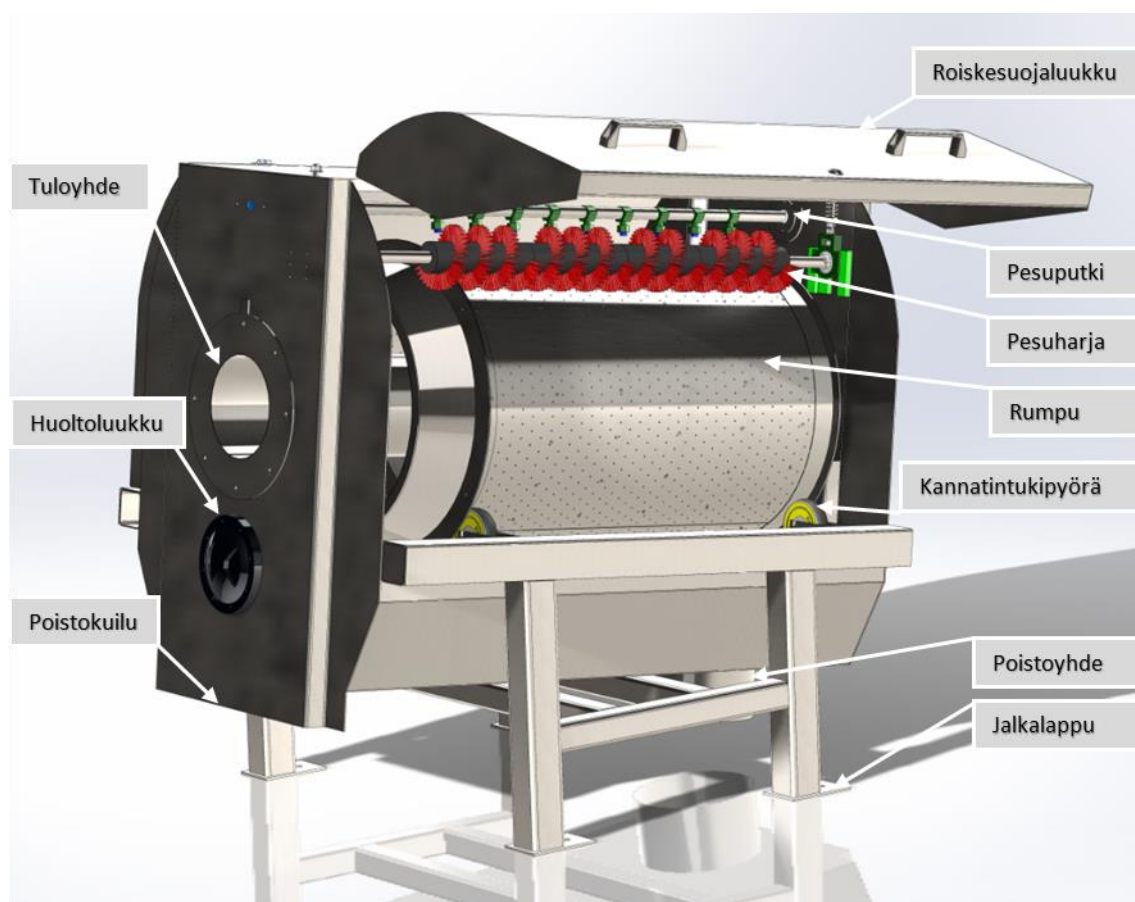
Kuva 24. Rumpusiivilän vaihemootori.

Osat

Hätä-seis painikkeet asennetaan koneen molemmille kyljille, jotka pysäyttävät painattaessa lietepumpun ja rummunmoottorin. Painikkeeksi valittiin Baco Kier-topalautteinen hätä-seis Ø 40mm LBX17301.

7.10 Rumpusiivilän pääkokoontyö

Lopullisessa kokoonpanossa Kuvan 25. vasemmasta päätypaneelissa olevasta tuloyhteestä syötetään jätevettä lietteenjakoputkea pitkin rummun sisäpuolelle, josta rummun aukotusten kautta irtovesi erotetaan alhaalla olevaan suodosvesialtaan poistoyhteeseen. Jätevedestä kiintoaine kuljetetaan 6 asteen kulmassa rummun siirtoruuvilla 10—20 r/min nopeudella erilliseen poistokuiluun. Vaihde-moottori pyörittää rumpua, jonka alla on asennettu neljä kannatintukipyörää, jotka pitävät rummun pyörinnän vakaana. Rummunyläosassa automaattinen pesuharja pyörii rummun pinnan ja harjasten kitkan avulla ja puhdistaa samalla rummun aukkoihin jääneitä partikkeleita. Huuhteluputki viimeistelee suihkuttamalla ajoittaisen painehuuhtelun poistaen loput partikkeleista rummunaukoista. Roiskesuojuukset kääntyvät kahden kitkasaranan avulla haluttuun asentoon. Laitteen käynnissä olon aikana suojat pidetään suljettuina kolmiolukon avulla. Runkopedin jalkalappu kiinnitetään betoni alustassa oleviin M12 pultteihin.



Kuva 25. Rumpusiivilän pääkokoontyö.

8 LASKENTA

Siivilän laskenta

Pyörimisnopeus

Laskelmat aloitettiin laskemalla kriittinen nopeus. Kun tiedossa on, että hiukkasen paino ja keskipakovoima ovat toistensa vastavoimia. Voidaan päätellä, että kun hiukkasen paino on pienempi kuin kriittinen nopeus, jolloin tapahtuu lin-koamista, jossa keskipakovoima pitää hiukkaset kiinni rummun pinnassa. Kun taas hiukkasen paino on suurempi kuin kriittinen nopeus, se saa partikkelit erot-tumaan pinnasta, jolloin tapahtuu paakkuuntumista tai kaatumista mikä saa ai-kaan kuidun putoamisen rummun aukoista.

Kriittinen nopeus voidaan johtaa kaavasta

$$\eta_c = \sqrt{\frac{g}{4\pi^2 r}} = \sqrt{\left(\frac{9,81}{4\pi^2 0,30}\right)} = 0,91011 * 60 \approx 54,6rpm$$

Kaava (Weiner, Matthews 2002, 283).

Taulukko 3. Rumpusiivilän kierrosnopeuslaskentataulukko.

			Nc kierrosnopeuden jälkeen liete tarttuu seinämiin.	Hyväksi havaittu nopeus 50% ja 20% välissä		
			Nc = rpm kriittinen	50 %	20 %	
		Rummuun Säde r (m)				
g =	9,81	0,25	59,82	29,91	11,96	
		0,30	54,61	27,30	10,92	
		0,35	50,56	25,28	10,11	
		0,40	47,29	23,65	9,46	
		0,45	44,59	22,29	8,92	
		0,50	42,30	21,15	8,46	

Taulukosta voidaan karkeasti huomioida kierrosnopeuksien hyväksi havaitut nopeudet olevan kriittisestä nopeudesta noin 20–50 %, jolloin nopeudet asettu-vat 8–30 rpm välille. Teorian mukaan 10–25 rpm on irtoveden ja kiintoaineen erottelu tulokseltaan parhain. Kierrosnopeuden optimaaliseen valintaan vaikut-tavat käytettävä lietteen kiintoainepitoisuus ja syöttönopeus.

Moottorin laskenta

Käyttömoottorin valinta laskettiin karkeasti.

$$M = Fr = 130kg * 9,81m/s^2 * 0,3m = 383Nm$$

Moottorin arvoiksi valittiin:

0.37 kW

9.8 rpm

360Nm

9 LOPPUPOHDINTA

Opinnäytetyö itsessään oli silmiä avaava monestakin näkökulmasta. Suurimpana antina oli suunnitteluohjelmaan syventyminen ja teorian pohtiminen, joka vei odotettua pitemmän ajan. Sain tehdä suunnittelua alusta loppuun ja pääsin käyttämään koulussa ja töissä opittua osaamista. Työ oli haastava ja mielenkiintoinen alusta loppuun asti.

Työn suorittamisen suurin vaikeus oli löytää kirjallista teoriaa ja laskentakaavoja rumpusiivilän kapasiteetin ja koon mitoittamiseen vaikka rumpusiivilöitä on valmistettu jo lähemmäs sata vuotta.

Vaikkakin tekniikka, valmistustekniikka ja materiaalit ovat parantuneet, niin perusajatus rumpusiivilässä on pysynyt samanlaisena.

LÄHTEET

Dewaco Oy 2016. Dewaco yrityksenä. Viitattu 1.2.2016 <http://www.dewaco.fi/fi/%252Fdewaco-yrityksenä>

Econet Oy 2016. Econet group etusivu. Viitattu 1.2.2016 www.econetgroup.fi/econetgroup etusivu

Katko, T. 1978. Rumpusiivilä kunnallisen jäteveden esikäsittelyssä Vesihallitus tiedotus 159, Helsinki

Matilainen, J., 2011. Ohutlevytuotteiden suunnittelijan käsikirja. Teknologiateollisuus, Tampere.

Metso. 2015. Basics in mineral processing, Edition 10

Piironen, T.2013. Teräsrakenteiden suunnitteluohjeita parempaan valmistettavuuteen, Savonia

Suomen standardisoimisliitto.2015. Koneturvallisuuden standardit

Thirunavukkarasu P. 2001, Granular Flow Modelling of Rotating Drum Flows using Positron Emission Particle Tracking

Wodziński.P. 2006. Drum screen in mineral mining

Weiner, R. Matthews, R. 2002, Environmental engineering, fourth edition